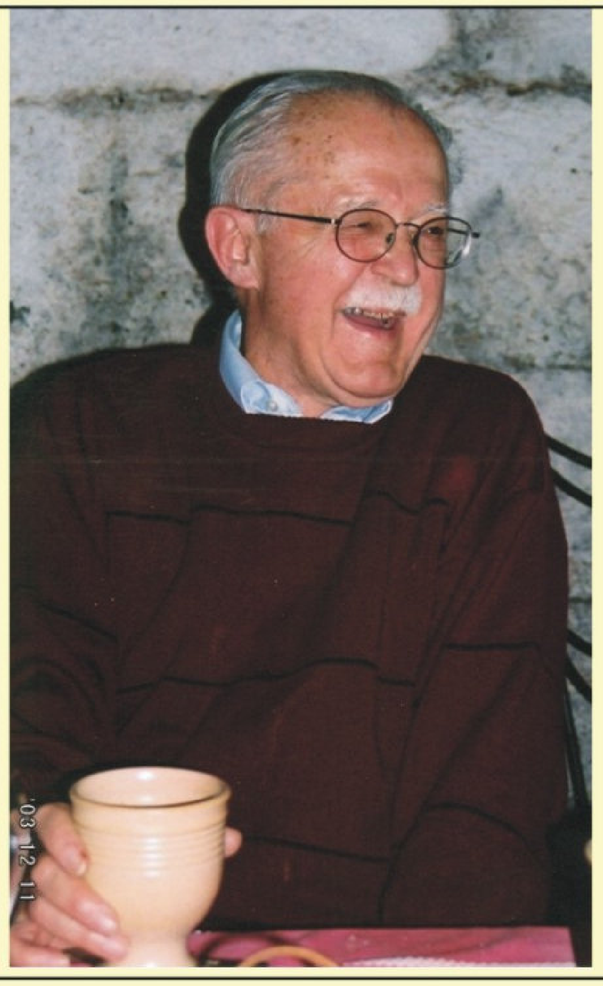
DR. UJHELYI JÁNOS és DR. POPOVICS SÁNDOR

kutatási eredményei

3. RÉSZ

Tartalomjegyzék

Dr. Ujhelyi János kandidátusi értekezése (1967)



Debrecen, 1925. március 28.
✞ Budapest, 2011. december 4.

Budapest, 1921. december 21.
✞ Landsdowne (USA), 2010. január 14.

KANDIDÁTUSI ÉRTEKEZÉS

A könnyűadalékanyagos betonok összetételének tervezése és szilárdságának előbecslése

UJHELYI JÁNOS
okl.mérnök

Az értekezés készült: Építéstudományi Intézet, Budapest, 1967

A KANDIDÁTUSI ÉRTEKEZÉS TÁRGYA:

Az értekezés tárgya a Magyarországon nagyobb mennyiségben felhasznált természetes és mesterséges porózus adalékanyagokkal készített betonok legfontosabb tulajdonságainak a vizsgálata, az e tulajdonságokra hatást gyakorló tényezők feltárása s ennek alapján a betonszilárdság előbecslésére alkalmas módszerek kidolgozása, illetve a betonösszetétel tervezési módszerének a meghatározása

1. Bevezetés

A könnyűbeton századunk egyik nagyfontosságú építőanyaga. Kezdetben a magasépítés hasznosította lakó- és ipari épületek falszerkezeteinek a készítéséhez, később hőszigetelés és hanggátlás céljára, azonban az utóbbi évtizedben egyre nagyobb számban találunk olyan törekvéseket, amelyek a betonadalékanyagokkal egyébként jól ellátott országokban is nagyszilárdságú szerkezeti betonkénti alkalmazására irányulnak a magas- és a mélyépítésben egyaránt.

A könnyűbeton gazdasági előnye abból származik, hogy egyrészt egyidejűleg, egyfajta anyaggal többféle igényt is képes kielégíteni (teherhordás, hőszigetelés, hanggátlás, hő- és tűzállóság stb.), másrészt a várható súlymegtakarítás jelentős, ennek révén [1]:

- a szállítási költségekben – amelyek az építmények költségének 15-20 %-át teszik ki – az elérhető megtakarítás az építmény teljes költségére vetítve 4-8 %. A felszabaduló 6-10 %-os szállítási kapacitás még nagyobb jelentőségű;
- az építéshez szükséges össze élőmunka ideje a szerkezetek előregyártása lés egyszerű helyszíni összeépítése miatt a felére csökken, ami elősegíti az építőipari munkáshiány csökkentését is. Ez a helyszíni munkabérköltségeket 12-15 %-ról 8-10 %-ra csökkenti, a várható megtakarítás az építményre vetítve 4-5 %;
- a kevesebb helyszíni szerelést igénylő épületek építési idejében 25-30 % időmegtakarítás érhető el, ez csökkenti az eszközlekötési járulékot olyan mértékben, hogy az épület építése során 3-5 % megtakarítás érhető el;
- az épület kisebb súlya az alapozási költségekben 4-10 % megtakarítást tesz lehetővé.

Az összes várható költségcsökkentés tehát 15-28 % lehet, így a könnyűbeton szerkezetek még akkor is gazdaságosak, ha előállításuk önköltsége az azonos igényeket kielégítő hagyományos szerkezetekét max. 15 %-kal meg is haladja.

A könnyűbeton elterjedése rohamos, különösen az elmúlt évtizedben. Erre vonatkozón szerző a IV. ötéves terv építőipari fejlesztési koncepciójának kialakítása során végzett tanulmányokat [2], amelyből egyetlen számadatot idézünk: a Szovjetunióban 1965. évben 5 millió m^3 volt a könnyű adalékanyagok gyártása, 1970 évben viszont 30 millió m^3 előállítását tervezik.

A rendszeres kutatómunkát majd mindenütt megelőzte az ipari alkalmazásba vétel, néhány vizsgálati adat birtokában is elkezdték a felhasználását. A részletes kutatómunka egyrészt a könnyű adalékanyagos betonok összetételének a meghatározására, másrészt a készítés optimális feltételeinek a tisztázására még ma is folyik, egyelőre azonban általában az empíria

szintjén. A Réunion Internationale des Laboratoires sur les Éssais et les Recherches des Matériaux et des Constructions (RILEM) 1967 évi budapesti könnyűbeton szimpóziuma az elméleti alapok tisztázására is erőfeszítéseket tett, mindenekelőtt a betonösszetétel tervezésének a területén. A beküldött előadások alapján a generálreferátumot szerző állította össze [3], jelen dolgozatban ezeknek az előadásoknak a legfontosabb téziseit is ismertetjük.

Az Építéstudományi Intézet Betontechnológiai osztályán szerző 1956 évben kezdett könnyűbetonokkal foglalkozni, kutatásainak eredményeit több jelentésben foglalta össze [4]-[9]. Az itt szerzett tapasztalatok alapján 1966-67 évben újabb kutatásokat végzett, ebben résztvett és értékes eredményei révén sok segítséget adott az ÉKME Építőanyagok Tanszéke is. Jelen dolgozatban ezeknek a vizsgálatoknak, illetve az ezekből levonható következtetéseknek az összegezése található.

2. A vonatkozó irodalom összefoglalása és értékelése

Az adalékanyagos könnyűbetonok összetételének a tervezésére vonatkozó tanulmányok feldolgozása bizonyos alapelveket követel, különben áttekinthetetlenül szerteágazó, nehezen követhető a rendelkezésre álló anyag. Mindenek előtt csoportosítanunk kellett a könnyűbetonokat a felhasználás, azaz a tulajdonságaikkal szemben támasztott követelmények alapján. Legalkalmasabbnak az alábbi rendszerezés bizonyult:

a) Azok a könnyűbetonok, amelyeket csak teherhordásra veszünk igénybe, azaz lényegében a szokványos kavicsbetonokat helyettesítő betonok. Ezeket régebben elsősorban azokban az országokban alkalmazták, ahol nagy területeken nem volt elérhető közelségben homokos kavics, vagy kőzúzalék. Ezeknek a könnyűbetonoknak legfontosabb megkövetelt tulajdonsága a szilárdság, emellett azonban megkövetelhetők térfogatváltozási, időállósági, lassú alakváltozási és egyéb tulajdonságai is. Lényegében ez a beton tehát ugyanolyan szerkezeti beton, mint a homokoskavicsból, vagy a kőzúzalékból készített, ezért a vele szemben támasztott követelmények is azonosak. Természetesen tudomásul vesszük azt is a szerkezetek önsúlyának a számításakor, hogy ez a betontípus könnyebb, mint a kavicsbeton, de csak olyan mértékig, hogy pl. a térfogatsúlya 1800 vagy 1900 kg/m^3-t nem halad meg.

b) Azok a könnyűbetonok, amelyeket teherhordásra veszünk igénybe, de ezzel egyidejűleg megköveteljük – akár a szerkezet súlyának csökkentése, akár épületfizikai (pl. hőszigetelési) szempontból – a kavicsbetonhoz képest jelentős mértékben csökkentett súlyt is. Ezeket a betonokat olyan területeken alkalmazták már eddig is, ahol található szokványos betonadalékanyag. A cél tehát nem a homokos kavics pótlása, hanem új tulajdonságokkal rendelkező beton készítése. Ezeknek a betonoknak két alcsoportja lehet. Az egyik az épületsúlyok csökkentésére hivatott, itt tehát a nyomószilárdság és a térfogatsúly értékét írjuk elő. A másik az épületek hővédelmét szolgálja, itt tehát a hővezetési tényezőt és a szilárdságot követeljük meg. Mindkét betontípus esetén további, az a) alatt felsorolt tulajdonságokat is kiköthetünk.

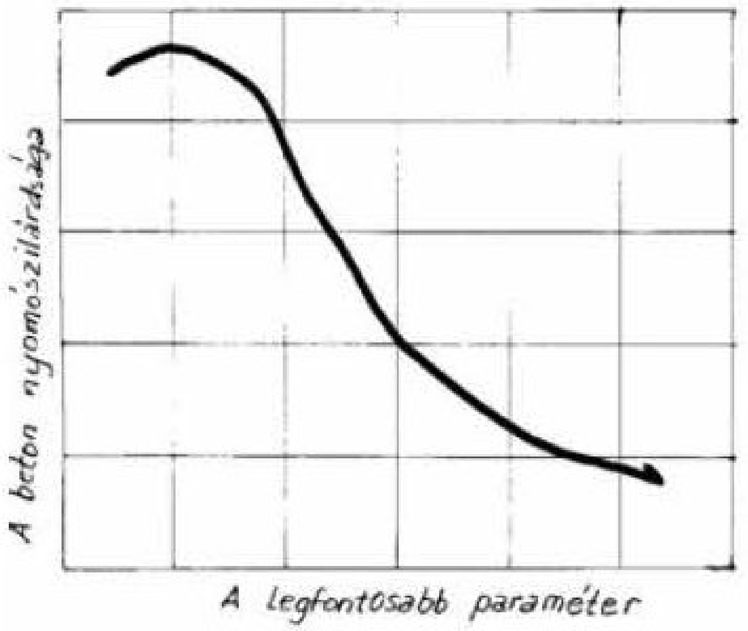
c) Azok a könnyűbetonok, amelyeket hőszigetelés céljára veszünk igénybe. Ezeknek a betonoknak a hővezetési tényezőjét írjuk elő. Emellett követelmény lehet valamely minimális értékű szilárdság, vagy egyéb tulajdonság, pl. kötött páradiffúziós tényező, minimális vízfelvétel stb.

Ha valóban ez a hármas tagozódás tartalmazza a jelenleg használatos valamennyi könnyűbeton fajtát, akkor segítségével szabatosan és maradéktalanul megfogalmazhatók a tervezési módszerekkel szemben támasztott igények is. A hármas tagozódásból kiindulva ezek az igények a következők:

1) Az első csoportba tartozó könnyűbetonok összetételének tervezése során az előírt szilárdságot kellő biztonsággal, alulról korlátosan kielégítő betonkeveréket kell meghatározni. Azokat az összefüggéseket kell tehát megkeresni, amelyek az erőteljesen bedolgozott be-

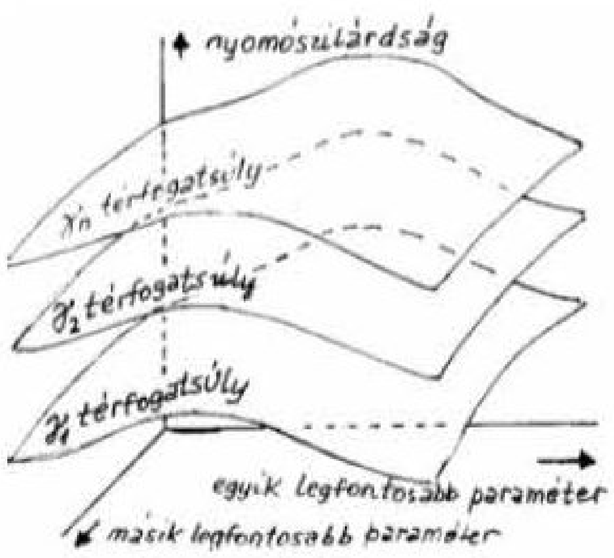
ton szilárdságát befolyásolják, és ezekből kísérleti, matematikai vagy szilárdságelméleti megfontolásokkal kiválasztani azokat a tényezőket, amelyek a szilárdságot elsősorban meghatározzák. Az ezekből kialakított tervezési képletekben a paraméterek száma legyen minimális s azok egyszerű, könnyen kezelhető összefüggésben álljanak a gyakorlat számára rendelkezésre.

A cél tehát az I. ábrán bemutatott összefüggések kiderítése. A koordinátarendszer vízszintes tengelyén a legfontosabbnak ítélt paraméter, a függőleges tengelyén a betonszilárdság látható.



I. ábra: A csak szilárdsági követelményeket kielégítő könnyűbetonok szilárdság előbecslésének alapösszefüggése

2) A második csoportba tartozó könnyűbetonok összetételének a tervezése során az a feladat, hogy olyan keverékek összeállítását tegyük lehetővé, amelyek az előírt térfogatsúlyt felülről, az előírt szilárdságot alulról korlátosan, kellő biztonsággal és kis szórással megközelítsék. Meg kell keresni tehát azokat az összefüggéseket, amelyek az adott nyomószilárdság mellett a térfogatsúlyt, illetve adott térfogatsúly mellett a nyomószilárdságot befolyásolják, majd ezek közül ki kell választani a legfontosabbakat. Az ezek segítségével kialakított tervezési eljárás révén tehát a két legfontosabb betonjellemzőt (szilárdság és térfogatsúly, illetve szilárdság és hővezetési tényező) egyidejűleg kielégítő betonösszetétel meghatározásának lehetővé kell válnia.

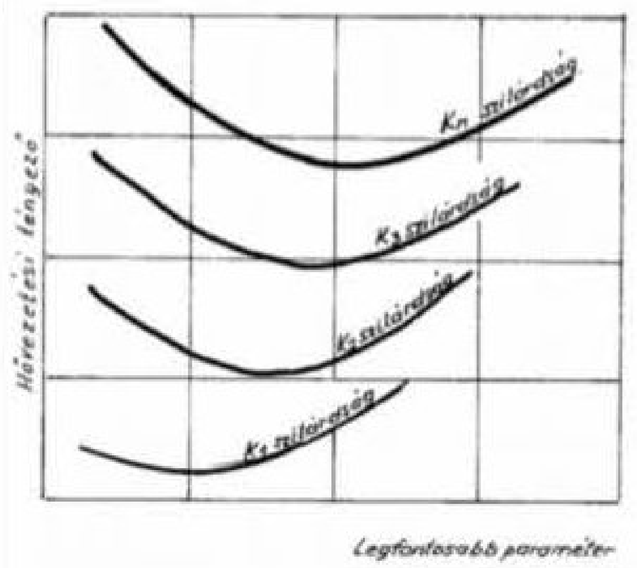


II. ábra: A szilárdsági és térfogatsúly, ill. hőszigetelési követelményeket egyaránt kielégítő könnyűbetonok összetételének tervezéséhez szükséges alapösszefüggések

A cél tehát a II. ábrán bemutatott jelleggel bíró összefüggés kiderítése. A koordinátarendszer vízszintes tengelyein a legfontosabbnak ítélt paraméterek, a függőleges tengelyén a beton szilárdsága van feltüntetve, míg a görbefelületek az első esetben a beton különböző térfogatsúlyát, második esetben a különböző hővezetési tényezőket mutatják.

3) A harmadik csoportba tartozó betonok összetételének tervezése során az a feladat, hogy olyan keverékek összeállítását tegyük lehetővé, amelyek az előírt hővezetési tényezőt felülről korlátosan, kellő biztonsággal megközelítsék, ugyanakkor valamilyen előírt (minimális értékű) szilárdsággal is rendelkezzenek.

A cél tehát a III. ábrán bemutatott jelleggel bíró összefüggés kiderítése. A koordinátarendszer vízszintes tengelyén a hővezetési tényező látható, a görbék a könnyűbeton különböző szilárdságait mutatják.



III. ábra: A csak hőszigetelési igényeket kielégítő könnyűbetonok összetétel-tervezésének alapelve

Az irodalmi adatokat a fenti csoportosításnak megfelelően elemeztük. Megjegyezzük, hogy elsősorban a RILEM 1967 évi budapesti szimpóziumára beküldött tanulmányokkal foglalkoztunk (ez volt ugyanis az első, e tárgyban teljes körben rendezett nemzetközi tanácskozás), és szükség esetén figyelembe vettük a régebben megjelent dolgozatokat is, amennyiben szükséges volt a teljes áttekintéshez. Megje-

gyezzük továbbá, hogy az irodalmi adatokat nemcsak e fejezetben, hanem saját kísérleteink összefoglalása során is értékeljük.

2.1. Teherhordó könnyűbetonok összetételének tervezése

Az első csoportba tartozó könnyűbetonok tervezésének a módszereire vonatkozó tájékoztatást lehet találni a [10]-[18] irodalmi hivatkozások alatt felsorolt tanulmányokban. Ha eltekintünk a beton térfogatsúlyától és csak a beton szilárdságát vesszük figyelembe, akkor a fenti tanulmányok alapján három, egymástól eltérő tervezési elvvel lehet találkozni.

Buzsevics szerint [10] a *Bolomey-formulával* azonos jellegű kifejezés alkalmazható a könnyűbetonok szilárdságának előbecslésére is. Amíg azonban a Bolomey-formula a

$$K_B = A \times \left(\frac{c}{v} - B \right) \qquad (1)$$

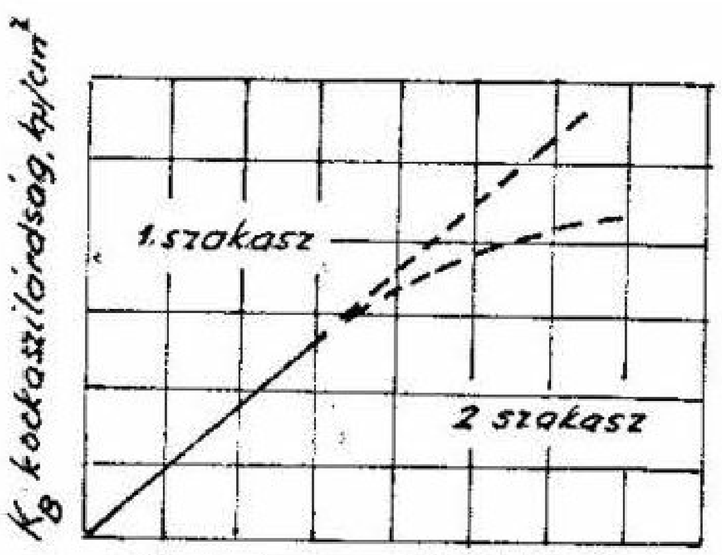
kifejezés szerinti, addig *Buzsevics* a következő összefüggéshez jutott:

$$K_B = k_o \times K_c \times (c - C_o) \qquad (2)$$

ahol K_B = a beton kockaszilárdsága, kp/cm^2; A, B ill. C_o = kísérleti állandók; c = cementtartalom, kg/m^3; v = víztartalom, kg/m^3; K_C = a cement szabványszilárdsága, kp/cm^2; k_o = a cementfajtától függő korrekciós tényező. Ez tehát azt jelenti, hogy amíg az (1) kifejezés a cement/víz tényezőre épül, addig a (2) kifejezés csak a cementtartalomra. Ezzel azonos elveket tükröz *Petkov* tanulmánya is [15], amely szerint a könnyűbeton szilárdsága a következő formulával fejezhető ki:

$$K_B = a + b \times c \qquad (3)$$

ahol a és b = kísérleti állandók; c = cementtartalom, kg/m^3. A képlet 200-500 kg/m^3 cementtartalomra érvényes. E módszer bírálatára az értekezés 4.11. fejezetében térünk ki.



IV. ábra: A habarcs- és a betonszilárdság összefüggése [11]

A másik tervezési elvet például *Kruml* dolgozatában [11] lehet nyomon követni. Szerinte a könnyűbeton nyomószilárdsága és annak a cementből, finom adalékanyagból és homokból álló cementhabarcsnak a szilárdsága között, amelyből a betont készítettük, szoros összefüggés van. Ez az összefüggés a IV. ábra szerint jellemezhető. Az ábra két szakaszra bontható: az első szakaszban a habarcsszilárdság és a kockaszilárdság közötti összefüggés lineáris, a második szakaszban görbementi. *Kruml* véleménye szerint, amíg a linearitás érvényes, a beton szilárdsága a következő formulával fejezhető ki:

$$K_B = k_1 \times K_c \times \left(\frac{c}{v} - k_2 \right) \qquad (4)$$

ahol k_1 és k_2 kísérleti állandók, a többi az (1) szerinti. Amidőn a görbementi összefüggés érvényesül, a beton szilárdsága már nem tervezhető a *Bolomey-formulával* megegyező kifejezéssel, hanem arra új összefüggést kell kidolgozni.

Bizonyos mértékben ide sorolható *Stork* [17] tervezési alábbi képlete is:

$$K_B = K_H \times k \times (0{,}0001.\gamma_A - 0{,}00000035.\gamma_A^2 - 0{,}16) + 0{,}3.\gamma_A - 0{,}0001.\gamma_A^2 - 60 \qquad \text{és}$$

$$K_H = \left[400 \times \left(\frac{v}{c} \right)^2 - 1300 \left(\frac{v}{c} \right) + 900 \right] \qquad (5)$$

ahol K_H = a habarcs sajátszilárdsága, kp/cm^2; γ_A = az adalékanyag térfogatsúlya, kg/m^3; k = a homok fajtájától függő korrekciós tényező. A képlet érvényes, ha $K_H \leq 500$ kp/cm^2, ha a ce-

ment:homok arány $\leq 1:3$ és ha $V_H \leq 40$ %, ahol V_H = a habarcs térfogata a beton térfogatához viszonyítva. Az (5) szerint a beton szilárdságát elsősorban a habarcs szilárdsága szabja meg, valamint az adalékanyag önszilárdsága. Mivel azonban a duzzasztott agyag adalékanyag önszilárdsága és térfogatsúlya között szoros összefüggés van, ezért az önszilárdságot az egyszerűbben mérhető térfogatsúllyal lehet helyettesíteni. Mivel pedig a habarcs szilárdságát a víz/cement tényező határozza meg, a tervezési eljárás a víz/cement tényező szabályból indul ki.

E csoportba tartozik *Murata* [13] tanulmánya is, aki ugyan nem részletezi tervezési módszerét, hanem elsősorban az adalékanyag maximális szemnagyságának és a légpórusképző adalékszer mennyiségének megválasztásával foglalkozik, de kiinduló tervezési elvként lerögzíti, hogy első lépésben a beton víz/cement tényezőjét kell a megkívánt nyomószilárdságnak megfelelően beállítani.

Végezetül itt kell említést tenni *Shirayama* dolgozatában [16] közölt alábbi képletről:

$$K_B = K_c \times \left(\beta \frac{c}{v} - 0{,}34 \right) \tag{6}$$

ahol a jelölések az (1) szerintiek, továbbá β = a homok fajtájától függő állandó. Ez a képlet is a víz/cement tényezőt választja a tervezés alapjául.

A víz/cement tényezőre alapozott tervezési eljárások létjogosultságával – saját kísérleteink eredményeinek ismertetése után – a 4.12. fejezetben foglalkozunk.

A harmadik tervezési elven alapuló módszerek közül elsőként *Shirayama* tanulmányát [16] kell megemlíteni, aki részletesen tárgyalja *Hiraga* (7), valamint saját (8) tervezési formuláját:

$$K_B = \frac{3{,}16 \times K_c}{12{,}9^{\,v/c + 0{,}5 \times l_B/c + V_a/c \times \left(1 - \gamma_B/\gamma_A\right) \times k}} \tag{7}$$

ahol l_B = a beton levegőtartalma, l/m^3; V_A = a beton adalékanyag tartalma, kg!m^3; γ_B = a beton térfogatsúlya, kg/m^3; k =az adalékanyag fajtájától függő korrekciós tényező.

$$K_b = K_c \times \left[25 \times \left(\frac{C_K}{l_K + V_K + k_1 . P_{A1} + k_2 . P_{A2}} \right) \times 0{,}5 \right] \tag{8}$$

ahol C_K = a cementkő cementtartalma, l/m^3; l_K = a cementkő levegőtartalma, l/m^3; V_K = a cementkő víztartalma, l/m^3; P_{A1} = a finom adalékanyag levegőtartalma, l/m^3; P_{A2} = a durva adalékanyag levegőtartalma, l/m^3; k_1 és k_2 = kísérleti állandók.

Mindkét kifejezés végeredményben a víz/cement tényező mellett bevonja a könnyűbeton szilárdságát meghatározó tényezők közé a levegő/cement tényezőt, valamint a beton pórustartalmát és a felhasznált durva adalékanyag mennyiségét is.

Igen részletes vizsgálati anyag található *Mikos* és *Kubica* tanulmányában [12], akik közel 3000 próbatest vizsgálati eredménye alapján variancia analízissel állapították meg azokat a tényezőket, amelyek a könnyűbeton szilárdságát elsősorban meghatározzák. Ezeknek az elemzéseknek a segítségével az alábbi képleteket dolgozták ki:

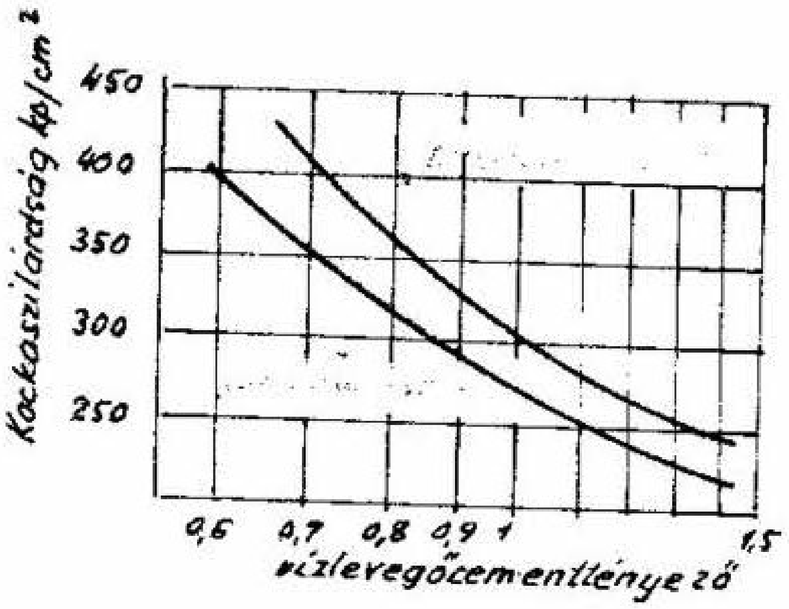
$$K_B = 59{,}68 \frac{c}{l_B} + 105{,}32 \frac{c}{v} - 96{,}23 \tag{9}$$

$$K_B = 263{,}11 \frac{c}{l_{B+v}} + 23{,}04 \frac{c}{l_B} - 88{,}37 \tag{10}$$

ahol I_B = a beton levegőtartalma, liter/m^3; I_{B+v} = a beton levegő- és víztartalma, liter/m^3.

A sokszoros korrelációszámítás eredményeképpen azt találták, hogy a könnyűbeton nyomószilárdságát elsősorban a cementpórus- és a cementvíz-tényező dönti el. Ha a könnyűbeton pórustartalma 100-270 liter/m^3 között van, akkor mind a két képlet azonos eredményt ad. Ettől eltérő pórustartalmak esetén a (9) képlet ad nagyobb, a gyakorlatot jobban megközelítő eredményt.

Ugyanígy a víz-levegő-cement tényező hatására utal *Tevan* [18] dolgozata is. Ezt mutatja az V. ábra azoknak az eredményeknek a kiértékelése alapján, amelyeket téglazúzalékkal, ill. zsugorított pernyeadalékanyaggal végzett vizsgálatai során kapott.



V. ábra: A [18] szerinti vizsgálatok eredményeinek értékelése

Ezekből a görbékből látható az erőteljesen tömörített (vibrált) könnyűbetonok esetében a víz-levegő-cement tényezőnek a nyomószilárdságot befolyásoló hatása.

Wishibayashi dolgozatában [14] leszögezi, hogy a könnyűbetonok nyomószilárdságát elsősorban a cementtartalom, a víz/cement tényező, a durva és a finom adalékanyag aránya, a térfogatsúly és a légpórustartalom szabja meg. Kár, hogy ezeknek a tényezőknek a számszerű hatását a tanulmány nem ismerteti.

Újra meg kell említeni *Kruml* tanulmányát [11], aki úgy véli, hogy abban a tartományban, ahol a habarcs- és betonszilárdság összefüggése nem lineáris, a betonszilárdság meghatározására az alábbi függvény ad lehetőséget:

$$K_B = f\,(K_c\,,\ K_A\,,\ c/v\,,\ \Sigma K\,,\ \Sigma E) \qquad (11)$$

ahol K_A = az adalékanyag sajátszilárdsága; ΣK = korrekciós tényezők; ΣE = az adalékanyag és a habarcs alakváltozási tényezői. Tekintettel azonban a változók nagy számára, az ennek megfelelően kidolgozott képletet szerző legfeljebb ± 25 % (vagy több) hibával tartja alkalmazhatónak.

Az itt felsorolt tanulmányokat áttekintve megállapíthatjuk, hogy a könnyűbetonok térfogatsúlytól független tervezésére felállított függvénykapcsolatok a következő formulákkal jellemezhetők (ahogyan ezt dolgozatában *Kruml* [11 is felvázolta):

a) $K_B = f(c,\ K_c,\ \Sigma k)$ (12)

b) $K_B = f(v/c,\ K_c,\ \Sigma k)$ (13)

c) $K_B = f(v/c,\ l/c,\ K_c\,,\ K_A\,,\ \Sigma k)$ (14)

ahol K_B = a beton kockaszilárdsága, kp/cm^2, c = cementtartalom, kg/m^3, K_c = a cement szabványszilárdsága, kp/cm^2, v = víztartalom, liter/m^3, l = levegőtartalom, liter/m^3, K_A = az adalékanyag sajátszilárdsága, kp/cm^2, Σk = korrekciós tényezők. A három formula közül a (12) csak a cementtartalomra és a cement szabványszilárdságára építi a beton szilárdságát, a (13) ezek mellé a változók mellé a víz/cement tényezőt is bevonja, a (14) pedig mindezeket kiegészíti a víz-levegő-cement tényezővel, ill. az adalékanyagok tulajdonságaival.

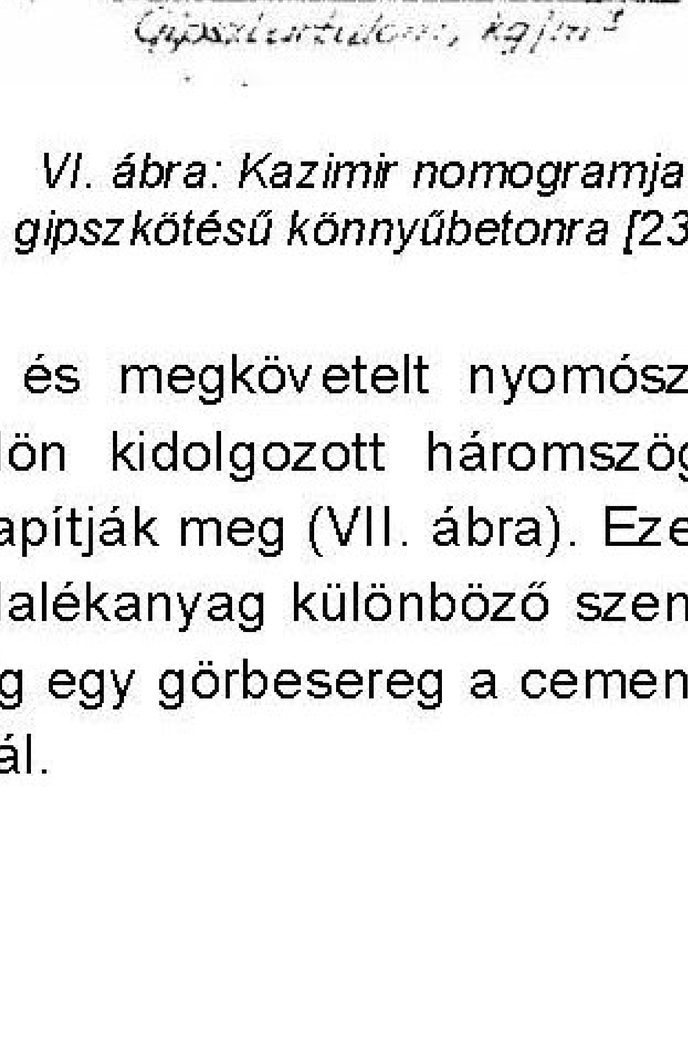
2.2. Teherhordó és hőszigetelő könnyűbetonok összetételének a tervezése

A második csoportba, azaz a teherhordó és egyúttal hőszigetelő könnyűbetonok csoportjába tartozó anyagokra tájékoztatást lehet találni a következő dolgozatokban: (10), (15), továbbá (17)-(28). Ez esetben a könnyűbeton nyomószilárdságát és térfogatsúlyát együtt kívánjuk megtervezni, feladatunk tehát az előírt térfogatsúlyúnál nem nehezebb, és az előírt szilárdságnál nem gyengébb könnyűbeton összetételének a meghatározása.

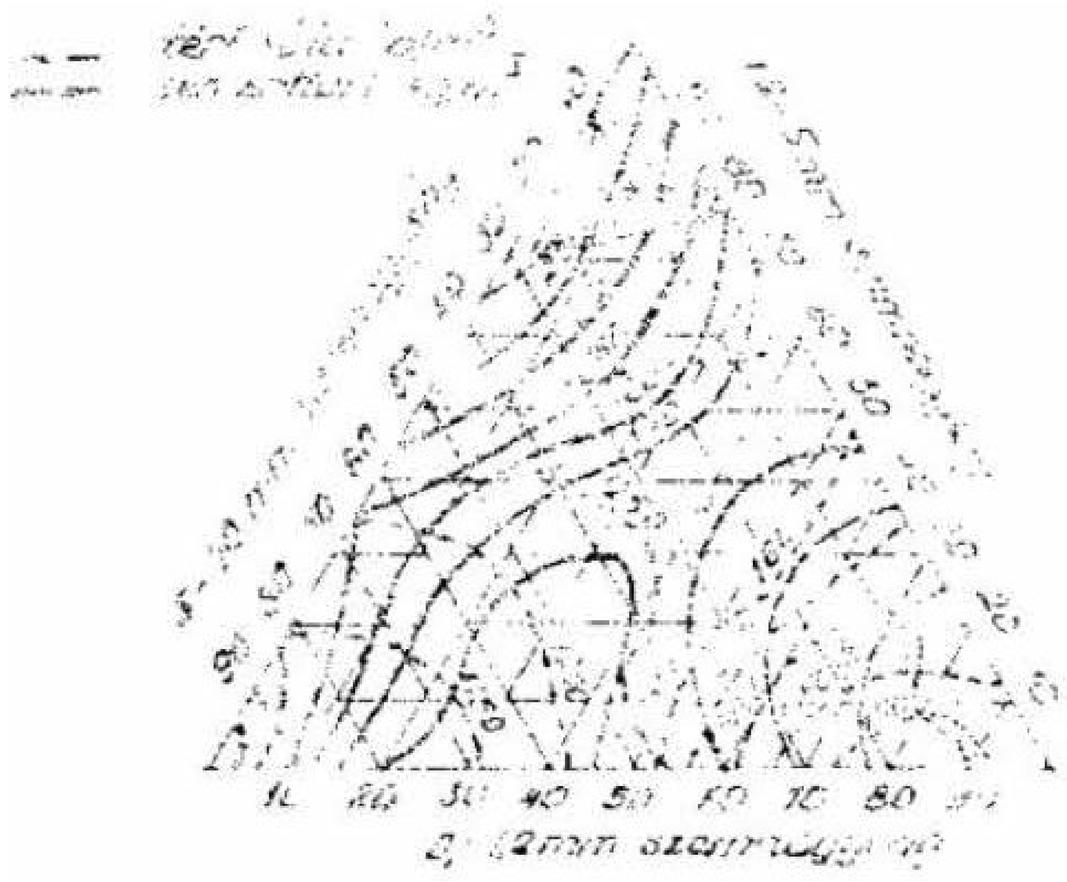
Ezek a tanulmányok alapelvüket tekintve két csoportra oszthatók. Az egyik csoportba azok tartoznak, amelyek nomogram alapján, a beton kitüntetett paramétereiből kiindulva határozzák meg a kívánt nyomószilárdságot és térfogatsúlyt biztosító betonösszetételt. A második csoportba azokat a módszereket lehet sorolni, amelyek a könnyűbetont durva adalékanyagvázból és az ezt a vázat összetartó cementhabarcsból összetettnek tekintik, és a két alkotórész egyedi szilárdsági értékei alapján próbálják meghatározni a beton nyomószilárdságát, ill. térfogatsúlyát.

A *nomogramos tervezési módszer* egyike *Kazimir* gipszkötésű keramzit kísérleteiből származik [23], amely módszer azonban cementkötésre is átvihető. E szerint az alapösszefüggést a kötőanyag tartalom és az adott bedolgozhatósághoz szükséges víz/kötőanyag tényező korrelációja adja (lásd a VI. ábrát).

Erre építve meghatározható a kötőanyagtartalom és a hajlítószilárdság, a kötőanyagtartalom és a térfogatsúly, valamint a kötőanyagtartalom és a durva adalékanyag-tartalom összefüggése is. Bár az összefüggések linearitásának a feltételezése miatt a közölt adatok csak első közelítésnek tekinthetők, bizonyítják a nomogramos tervezési módszer létjogosultságát egy-egy anyagfajtára. Itt említendő meg *Ihtiyaroglu* [22] és *Rigan* [24] tanulmánya, akik ugyan vizsgálati eredményeik összefoglalásával adósak maradtak, de az egyes tényezők hatását nomogramokban feldolgozva ismertetik.

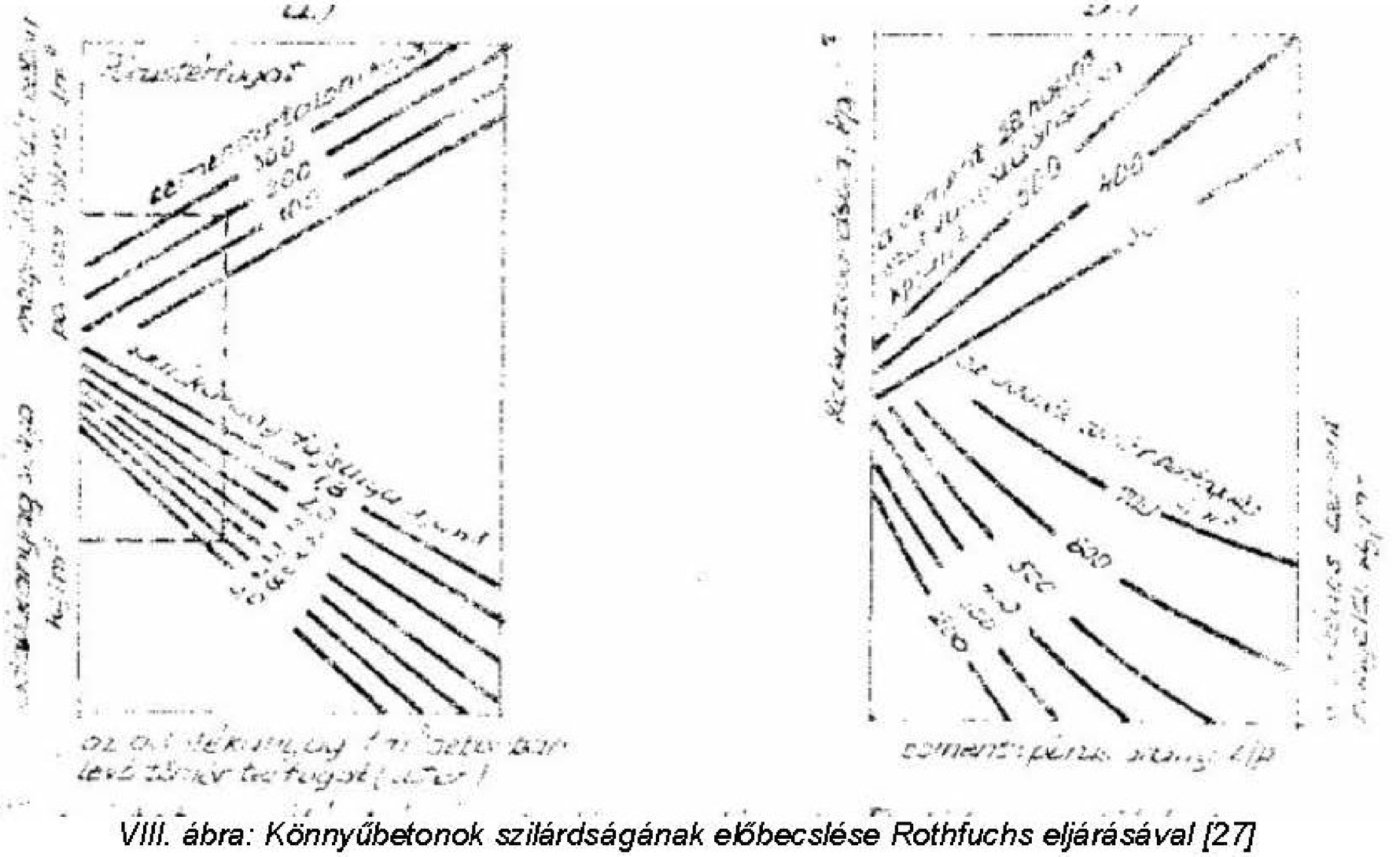


VI. ábra: Kazimir nomogramja gipszkötésű könnyűbetonra [23]



VII. ábra: BK 35 minőségű, vibrálással tömörített könnyűbeton összetétele [26]

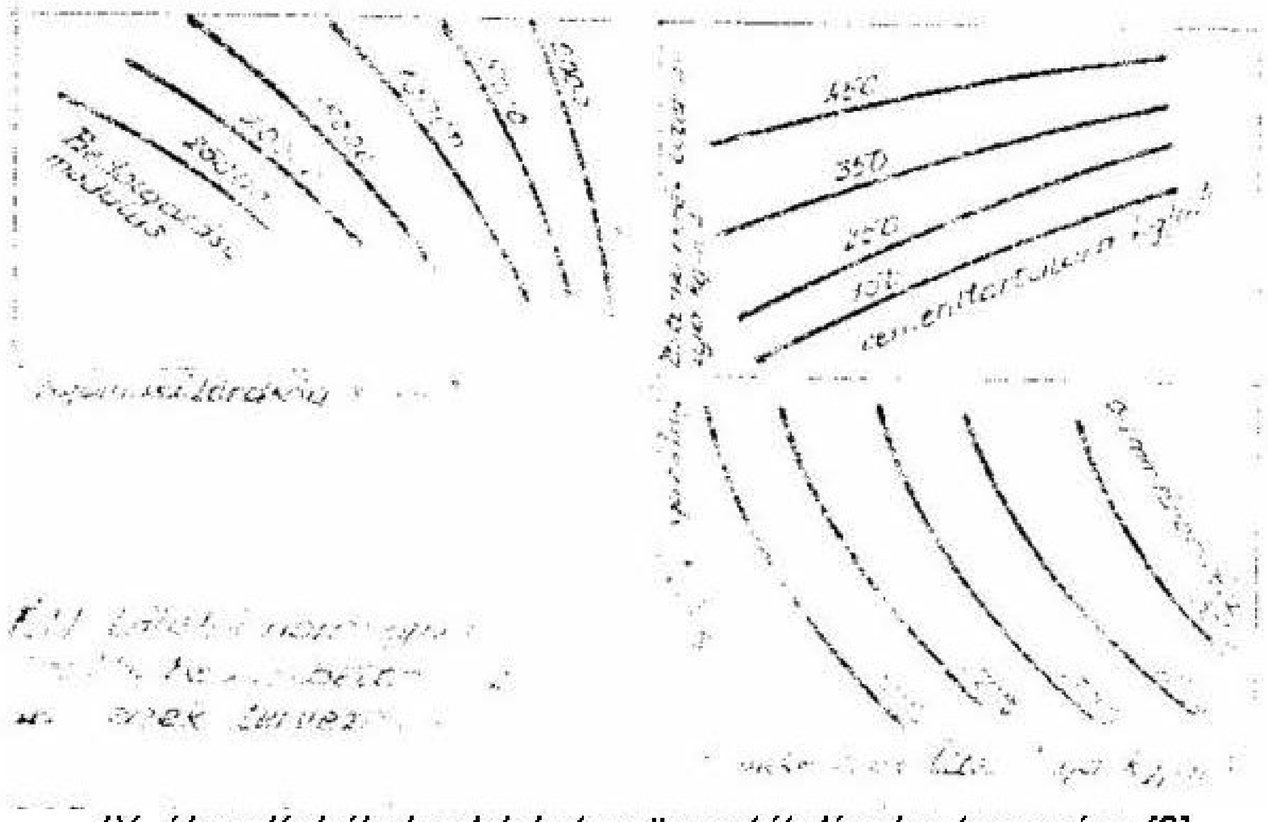
Igen részletes nomogram-sorozatokat lehet találni a szovjet gyakorlatban, amelyből példaképpen *Popov* és *társai* tanulmányából idézünk [26]. A könnyűbetonok összetételét adalékanyag fajtánként és megkövetelt nyomószilárdságonként külön-külön kidolgozott háromszög-nomogramok alapján állapítják meg (VII. ábra). Ezek három ordinátáján az adalékanyag különböző szemcsefrakcióit jelölik ki, míg egy görbesereg a cementtartalom, a másik görbesereg a térfogatsúly meghatározására szolgál.



VIII. ábra: Könnyűbetonok szilárdságának előbecslése Rothfuchs eljárásával [27]

Ugyancsak nomogramos tervezési módszert ismertet *Rothfuchs* [27] téglatörmelékes betonokra kidolgozott eljárásában (VIII. ábra). Az adalékanyag fajsúlyából és súlyából, továbbá a cementtartalomból kiindulva megállapítja a megszilárdult beton pórustartalmát, majd a cement:pórus arány, valamint a cement sajátszilárdsága segítségével a beton várható 28 napos kockaszilárdságát.

A hazai gyakorlat a kohó--habsalak betonok összetételének a tervezésére tíz éve alkalmazza szerző nomogramos módszerét [6]. Mindenekelőtt meg kell állapítani az adalékanyag halmaztérfogatsúlyát, majd a cement- és a víztartalom függvényében meghatározható a laza könnyúbetonkeverék halmaztérfogatsúlya (vagy ez az adat közvetlenül megmérhető). Ha a betömörített beton térfogatsúlyának és a laza halmaztérfogatsúlynak a különbségét a laza halmaztérfogatsúlyhoz viszonyítjuk, akkor ezáltal kiszámíthatjuk a tömörítés mértékét. A kísérletek szerint ennek a viszonyszámnak és a cementtartalomnak a szorzata olyan segédmennyiséget szolgáltat (bedolgozási modulus), amelynek és a beton laza halmaztérfogatsúlyának a függvényében a beton várható 28 napos szilárdsága jól becsülhető (IX. ábra). A módszer ismertetésére a 4.21. fejezetben még visszatérünk.



IX. ábra: Kohóhabsalak beton összetételének a tervezése [6]

A *betont két alkotórészből összetettnek* feltételező módszerekre is több tanulmányt lehet találni. Megjegyzendő, hogy e módszer alapelveit tudomásunk szerint először szerző publikálta. [5].

Weirich szerint [28] a porózus adalékanyagú beton szilárdságát elsősorban a habarcsváz szilárdsága, az adalékanyag felületi tulajdonságai és a beton pórustartalma szabja meg. Matematikailag ezeket a hatásokat az alábbi képlettel lehet kifejezni:

$$K_B = K_H \times (V_c + V_a + V_v) \times f \qquad (15)$$

ahol K_B = a beton kockaszilárdsága, kp/cm^2, K_H = a habarcs nyomószilárdsága, kp/cm^2, V_c, V_a és V_v = rendre a cement, az adalékanyag és a víz tömör térfogata, liter/m^3, f = a szemcsefelület és –alak hatását kifejező korrekciós tényező, amely $f = V_l^n$ kifejezéssel helyettesíthető, ahol V_l = a beton hézagtartalma, liter/m^3, n = a szemcsetulajdonságoktól függő kitevő. Ebben a képletben az f korrekciós tényező a beton tömörségével és a szemcsetulajdonságoktól függő kitevővel helyettesíthető. *Weirich* kísérletei szerint az n kitevő értéke habsalakra *5*, lávasalakra *3,5*, horzsakőre *3* és keramzitra *2,5*.

Buzsevics tanulmányában [10] *Vaganov* alábbi képletét ismerteti, amelyet a szovjet könnyűbeton kutatás és ipar a könnyűbetonok szilárdságának előbecslésére egyik alapelvként alkalmaz:

$$K_B = (\alpha_1 \times K_A) \times V_A + (\alpha_2 \times K_H) \times V_h \qquad (16)$$

ahol V_A és V_H = rendre a durva adalékanyag és a habarcs térfogata, liter/m^3; K_A és K_h = rendre a durva adalékanyag és a habarcs szilárdsága, kp/cm^2; α_1 és α_2 = rendre a durva adalékanyag és a habarcs alakváltozási tulajdonságaitól függő állandók.

Figyelemre méltó *Bache* [20] tanulmánya, aki agyagkavics és pernyekavics adalékanyagokkal készített betonok vizsgálata során igazolta az alábbi képlet alkalmazhatóságát:

$$K_B = K_H \times \left(\frac{K_A}{K_H} \right)^{V_A} \qquad (17)$$

ahol K_B , K_H és V_A , mint a (16) képlet esetén. *Bache* kísérletei során az elsődleges cél az adalékanyag önszilárdságának meghatározása volt, mert egyéb úton nem látja lehetőségét az adalékanyag-szilárdság megállapításának. Meg kell azonban jegyezni, hogy az így megállapított „adalékanyag-szilárdság" tulajdonképpen a felületi tulajdonságok, a cementhabarcs és az adalékanyag közötti tapadás, a tömörítés stb. együttes hatásának a kifejezése.

Tevan tanulmányában [18] a szerző által felállított összefüggések [5] érvényességét mutatta ki pernyekavics és téglazúzalék betonokra, ennek részletezésére még a 4.22. fejezetben visszatérünk.

A habarcsszilárdság hatásának kiderítésére végzett kísérletek során a habarcs tényleges szilárdságának megállapítására többféle eljárást követnek. *Bache* [20] a felhasznált habarcsot a nyomószilárdság vizsgálathoz alkalmazott próbatestekbe a betonnal azonos módon tömörítette. *Tevan* először a habarcs cementtartalmának, térfogatsúlyának és nyomószilárdságának az összefüggését állapította meg 20 cm élhosszúságú kockákon [18], majd a betonban lévő habarcs szilárdságát annak térfogatsúlya és cementtartalma alapján számította. Ebből a szempontból érdeklődésre tarthat számot *Petkov* [15] vizsgálata, aki a habarcs sajátszilárdságát a friss betonkeverék egy részéből kiszitált habarcson állapította meg, 8 cm magasságú és 8 cm átmérőjű hengerekbe bedolgozva. Ugyanilyen méretű próbatesteket alkalmaztak *Zielinsky* és társai [25] duzzasztott agyag adalékanyaggal végzett habarcs- és betonkísérleteik során, akik egyébként *Vaganovnak* a (16) szerinti formulájából indultak ki s alkalmazásának lehetőségeit saját vizsgálataikkal igazolták.

Újra utalhatunk *Stork* dolgozatára [17], akinek a beton szilárdságának és térfogatsúlyának, valamint a hővezetési tényező kiszámítására megadott képletei a következők:

$$K_B = K_H\,(0,001 \times \gamma_A - 0,00000035 \times \gamma_A^2 - 0,16) + 0,3 \times \gamma_A - 0,001 \times \gamma_A^2 - 60 \qquad (18)$$

$$\gamma_B = 0,95 \times \gamma_A\,(1 + 0,01 \times v') + 0,001 \times \gamma_H \times c\,\left(1 + S_c \frac{v}{c} + \frac{\frac{\gamma_s}{\gamma_c} \times S_c}{S_s}\right) \qquad (19)$$

$$\lambda = 0,1 + 0,00000025 \times \gamma_B^2 - 0,00005 \times \gamma_B \qquad (20)$$

ahol K_B és K_H = a beton és a habarcs szilárdsága, kp/cm^2; γ_A ; γ_H és γ_B = rendre az adalékanyag, a habarcs és a beton térfogatsúlya, kg/m^3; v' = az adalékanyag víztartalma, liter/m^3; c = cementtartalom, kg/m^3; v = víztartalom, kg/m^3; S_c és S_s = a cement és a homok fajsúlya, g/cm^3; γ_c és γ_s = a cement és a homok térfogatsúlya, kg/m^3; λ= hővezetési tényező, kcal/mó°C.

Frank [21] tanulmányában két duzzasztott agyag adalékanyaggal dolgozó üzem termékeinek minőségellenőrzési eredményeit elemezte a Gauss-Laplace sűrűségfüggvény segítségével. Igen nagyszámú vizsgálati eredményéből számította egyrészt az alapanyagok önszilárdságának és térfogatsúlyának, másrészt a megszilárdult beton nyomószilárdságának és térfogatsúlyának átlagértékeit, szórását és korrelációját, majd ennek alapján sikerült kimutatnia a habarcsképző anyagok hatásának elsőrendű voltát.

2.3. Hőszigetelő könnyűbetonok összetételének a tervezése

A harmadik csoportba azok a könnyűbetonok tartoznak, amelyeknek hővezetési tényezőjét kívánjuk az előírt értéket kielégítő módon megtervezni.

Stork tanulmányáról [17] már az előbb említést tettünk. A (20) kifejezés tartalmazza a hővezetési tényező tervezését a beton térfogatsúlya alapján, míg a beton térfogatsúlyára szerző ugyancsak összefüggést állít fel az adalékanyag és a habarcs térfogatsúlyának figyelembe vételével.

Řehánek [29] horzsakő, duzzasztott agyag és duzzasztott agyagpala betonokra közöl adatokat, amelyek alapján megállapította, hogy elsősorban a cement és az adalékanyag mennyisége befolyásolja a hővezetési tényezőt, míg a víz/cement tényezőnek nincs szerepe. A hővezetési tényező a beton térfogatsúlyának függvényében a következő:

horzsakő betonra:

$$\gamma_B = 1{,}3 \times C + 0{,}953 \times A \quad \text{és} \quad \lambda = 0{,}1073 \times 10^{-7} \times \gamma_B^{2{,}366} - K_1 \times \gamma_B \qquad (21)$$

duzzasztott agyagkavics betonra:

$$\gamma_B = 1{,}18 \times C + 1{,}035 \times A \quad \text{és} \quad \lambda = 0{,}1415 \times 10^{-5} \times \gamma_B^{1{,}715} - K_2 \times \gamma_B \qquad (22)$$

ahol C = cementtartalom, kg/m^3; A = adalékanyag tartalom, kg/m^3; K_1 és K_2 = korrekciós tényezők az alábbi táblázat szerint:

Horzsakő beton						*Agyagkavics beton*				
γ, kg/m^3	1300	1400	1500	1600	1700	γ, kg/m^3	1000	1100	1200	1300
K_1	0,004	0,011	0,019	0,026	0,030	K_2	0,009	0,011	0,008	0,005

A beton térfogatsúlya a felhasznált adalékanyag és cement mennyiségéből állapítható meg. A [29] alatti tanulmánnyal kapcsolatban meg kell jegyeznünk, hogy a hazai vizsgálatok csak a ho-mok fajtájának hatását mutatták ki, a beton egyéb alapanyagainak a változása azonban a kísérletek szerint nincs hatással a hőszigetelésre. Az ellentmondás oka az lehet, hogy *Řehánek* nem kísérelte meg azonos térfogatsúlyú, de különböző összetételű betonok vizsgálatát, s így eredményeiből elsősorban a térfogat alakulására lehet következtetést levonni.

3. A kísérleti munka leírása

Az eddigi hazai könnyűbeton vizsgálatok során tendenciákat állapítottunk meg és több esetben tettünk kísérletet a könnyűbeton szilárdság-előbecslés lehetőségeinek és alapelveinek meghatározására [4]-[9], ill. több tanulmányt adtunk közre, amelyekben ezekkel a problémákkal foglalkoztunk [29]-[35]. Az így nyert tapasztalatok birtokában 1966-67 évben új vizsgálatsorozatot kezdtünk pécsi duzzasztott agyagkavics, dunaújvárosi kohóhabsalak, mázai kazánsalak, bodrogkeresztúri riolittufa, újlaki téglatörmelék és csepeli kísérleti pernyekavics felhasználásával. Az első négy adalékanyaggal a kísérleteket az Építéstudományi Intézet Betontechnológiai osz-

tályán, az utolsó két adalékanyaggal az ÉKME Építőanyagok Tanszékén folytattuk. Az adalékanyagok legfontosabb jellemzőit az ÉKME vizsgálatok alapján [36] az 1. táblázat tartalmazza.

Az adalékanyagokból betonkeverékeket készítettünk a következő paraméterek változtatásával:

- *a finom adalékanyag fajtája*: könnyű adalékanyagból aprított homok és dunai homok (0-1 mm szemnagyság);
- *a cementhabarcsváz konzisztenciája*: földnedves és plasztikus;
- *összetétel*: a betonkeverék cementtartalma és durva adalékanyag tartalma közötti arány;
- *a tömörítés módja*: ÉTI kísérletek esetében lazán bedolgozva; asztalvibrátoron 40 s vibrálás és döngölés 2 rétegben, rétegenként 32 ütéssel; ÉKME kísérletek esetében csömöszölve, döngölve és tűvibrátorral tömörítve.

A kísérletek során megvizsgáltuk először a cementből, vízből és a 0-1 mm szemnagyságú homokból álló habarcs sajátszilárdságát különböző konzisztencia és cementtartalom mellett. Ezeket a vizsgálatokat az ÉTI kísérletei során 7.7.25 cm élhosszúságú hasábokon végeztük, amelyeknek mértük a nyomó- és hajlító-húzó szilárdságát, az ÉKME kísérletei során pedig 20 cm élhosszúságú kockákon, amelyen a nyomószilárdságot ellenőriztük. A habarcspróbatesteket a betonpróbatestekkel azonos módon dolgoztuk be, azaz az ÉTI-ben lazán, asztalvibrátoron tömörítve és döngölve, az ÉKME kísérletei alkalmával csömöszölve, döngölve és tűvibrátorral tömörítve.

A habarcsok keverési arányát a 2. táblázatban, a szilárdságvizsgálatok eredményeit a 3.-8. táblázatokban közöljük. A 3.-7. táblázat az ÉTI, a 8. táblázat az ÉKME vizsgálatait tartalmazza.

A 3.-8. táblázatok szerinti tulajdonságokkal rendelkező habarcsokból és az adalékanyagok 1 mm-nél (pernyekavics esetén 7 mm-nél) nagyobb szemcséiből különböző arányú keverékeket készítettünk földnedves és plasztikus konzisztenciával s e betonkeverékeket a habarcskeverékekkel azonosan, a megadott háromféle tömörítési módszerrel dolgoztuk be a 20 cm élhosszúságú kockaformákba. A betonok szilárdságát 28 napos korban állapítottuk meg. A betonok összetételét és a vizsgálatok eredményeit a 9.-24. táblázatok tartalmazzák.

1. táblázat: A vizsgálatokhoz alkalmazott durva adalékanyagok jellemzői

Megnevezés	*Fajsúly, g/cm³*	*Térfogatsúly, kg/m³*	*Halmaztérfogatsúly, kg/m³*	*1 órás vízfelvétel, súly%*	*Pórustartalom, liter/m³*		
					szemcse	*halmaz*	*összes*
A 1-30 mm pécsi duzzasztott agyagkavics	2,55	975	560	18	610	170	780
B 0-15 mm dunaújvárosi Kohóhabsalak	2,76	1542	770	20	440	280	720
C 0-20 mm bodrogkeresztúri tufa	2,24	1341	750	20	400	270	670
D 0-15 mm mázai kazánsalak	2,46	1371	744	25	440	260	700
E1-15 mm újlaki téglazúzalék	2,60	1596	853	28	390	280	670
F 7-30 mm kísérleti pernyekavics	2,19	1200	750	21	450	210	660

1. táblázat folytatás

Megnevezés	Önszilárdság		Szemszerkezet, súly %								
	Hummel	amerikai	1-3	0-5	3-7	5-16	5-15	7-15	7-30	10-20	15-30
A	0,823	22	25		25				50		
B	1,126	15		50			50				
C	0,39	27		33,3		33,3				33,3	
D	0,92	21		50			50				
E	0,513	58	25		40			35			
F	0,23	71						20			80

2. táblázat: Vizsgálati habarcsok súly szerinti keverési arányai (cement : homok : víz)

Megnevezés	Konzisztencia	
	földnedves	Plasztikus
Dunai homok (ÉTI kísérletei)	1 : 2:0 :0,386 1 : 1,5 : 0,328 1 : 1,0 : 0,245	1 : 2,0 : 0,422 1 : 1,5 : 0,374 1 : 1,0 : 0,37
Keramzithomok	1 : 2,0 : 0,8 1 : 1,25 : 0,575 1 : 0,85 ,455	1 : 2,5 : 1,2 1 : 1,25 : 0,72 1 : 0,85 : 0,54
Habsalakhomok	1 : 2,0 : 0,45 1 : 1,3 : 0,37 1 : 0,6 : 0,28	1 : 2,0 : 0,6 1 : 1,3 : 0,46 1 : 0,6 : 0,32
Tufahomok	1 : 2,0 : 0,7 1 : 1,5 : 0,575 1 : 0,8 : 0,4	1 : 2,0 : 0,9 1 : 1,5 : 0,725 1 : 0,8 : 0,48
Kazánsalakhomok	1 : 2,0 : 0,422 1 : 1,4 : 0,359 1 : 0,7 : 0,285	1 : 2,0 : 0,71 1 : 1,4 : 0,556 1 : 0,7 : 0,379
Dunai homok (ÉKME kísérletei)	1 : 2,0 : 0,386 1 : 1,5 : 0,328 1 : 1,0 : 0,272	1 : 2,0 : 0,422 1 : 1,5 : 0,374 1 : 1, : 0,358

3. táblázat: Dunahomokos habarcsok adatai (ÉTI vizsgálatok)

Jel	Konzisztencia	Keverési arány	Halmaz-	Készítési	Cement	Homok	Víz
			térfogatsúly, kg/m³		mennyisége, kg/m³		
H	fn	1 :2 : 0,386	1260	1440	425	851	164
				2225	658	1315	254
				2250	664	1330	256
RS		1 : 2 : 0,386	1415	1610	474	950	185
				2290	676	1352	262
				2350	695	1390	265
TH		1 : 2 : 0,386	1180	1240	366	732	141
				1610	475	950	185
				2320	684	1370	264
MH		1 : 2 : 0,386	1360	1450	428	854	165
				2080	614	1228	237
				2290	675	1353	261
H II	pl	1 : 2 : 0,422	1405	1580	462	922	196
				2040	596	1193	251
				2090	610	1220	260
MH III		1 : 2 : 0,422	1450	1570	458	916	193
				2070	604	1210	256
				2260	659	1320	279
T III	fn	1 : 1,5 : 0,328	1225	1402	496	743	163
				1934	684	1026	224
				2275	804	1207	264
TS II		1 : 1,5 : 0,328	1440	1605	568	852	185
				2290	810	1215	265
				2340	826	1239	275
MH III		1 : 1,5 : 0,328	1350	1540	544	816	178
				2290	810	1215	265
				2110	745	1118	245
H IV	pl	1 : 1,5 : 0,374	1735	1744	66	911	227
				2275	791	1188	296
				2225	774	1161	290
HS III		1 : 1,5 : 0,363	1950	1975	690	1035	250
				2320	810	1215	295
				2330	813	1220	297
TH II		1 : 1,5 : 0,374	1265	1700	591	888	221
				2320	806	1210	302
				2390	830	1249	311
MH IV		1 : 1,5 : 0,374	1570	1760	612	918	229
				2260	786	1180	294
				2310	804	1208	301
H V	f	1 : 1 : 0,245	1180	1320	587	587	146
				1920	855	855	210
				2315	1030	1030	255
H VV		1 : 1 : 0,245	1110	1130	503	503	124
				1715	764	764	187
				2220	988	988	244
HS IV		1 : 1 : 0,245	1375	1390	620	620	150
				2180	970	970	240
				2235	995	995	245
TH III		1 : 1 : 0,245	1180	1140	507	507	125
				2020	898	898	220
				2320	1032	1032	253
TH' III		1 : 1 : 0,245	1200	1280	569	569	140
				2020	899	899	220
				2070	920	920	226
MH V		1 : 1 : 0,245	1425	1540	686	686	168
				2300	1024	1024	251
				2310	1028	1028	252
H VI	pl	1 : 1 : 0,317	1920	2055	887	887	281
				2315	1000	1000	315
				2140	923	923	294
HH VI		1 : 1 : 0,317	1875	1885	815	815	255
				2220	960	960	300
				2240	968	968	304
MH VI		1 : 1 : 0,317	1670	191	825	825	262
				2300	995	995	315
				2300	995	995	315

3. táblázat folytatása

Jel	Cement	Homok	Víz	Tömör térf. liter	Pórustartalom, liter		Víz levegő/ /cement tényező	Nyomó-	Hajlító-
	tömör térfogat, liter				friss beton	kiszárítva		szilárdság Kp/cm^2	
H	144	322	164	630	370	470	1,28	13	5,1
	224	496	254	974	26	180	0,43	349	37,8
	226	502	256	984	16	173	0,41	359	41,7
RS	161	358	185	704	296	410	1,01	28	6,0
	230	511	262	1003	- 3	158	0,39	504	68,2
	236	525	265	1026	- 26	125	0,38	489	62,8
TH	124	276	141	541	459	535	1,64	3	0,7
	161	358	185	704	296	410	1,01	47	18,1
	222	518	274	1014	- 14	157	0,40	738	148,9
MH	145	322	165	632	368	469	1,25	15	5,7
	209	464	237	910	90	235	0,53	432	63,1
	229	512	261	1002	- 2	148	0,39	451	69,5
H II	157	348	196	701	299	426	1,07	23	10,2
	202	450	251	903	97	259	0,58	393	32,4
	207	460	260	927	73	251	0,55	343	31,3
MH III	156	346	193	695	305	429	1,09	30	12,2
	205	456	256	917	83	248	0,56	449	60,7
	224	498	279	1001	0	179	0,42	491	66
T III	168	280	163	611	389	477	1,11	7	4,8
	232	397	224	853	147	268	0,54	121	28,2
	274	455	264	993	7	150	0,46	424	73,8
TS II	193	322	185	700	300	400	0,86	36	6,8
	276	458	265	999	1	144	0,33	614	65,5
	281	467	275	1023	- 23	128	0,33	650	65
MH III	185	308	176	671	329	425	0,93	23	9
	276	458	265	999	1	144	0,33	486	71
	253	422	245	921	79	212	0,44	629	67,5
H IV	206	344	227	777	223	359	0,74	61	25,2
	268	448	296	1012	- 12	165	0,37	523	72,9
	263	439	290	992	8	182	0,39	463	58,8
HS III	234	391	250	875	125	272	0,54	205	38,6
	276	458	295	1029	- 29	144	0,36	675	73,9
	276	460	297	1033	- 33	142	0,36	670	59,4
TH II	200	355	221	756	244	377	0,79	66	24,1
	274	456	302	1032	- 32	149	0,37	832	103,3
	282	471	311	1064	- 64	123	0,37	815	105,6
MH IV	208	347	229	784	216	353	0,73	119	30,4
	267	446	294	1007	- 7	169	0,37	477	80,4
	274	456	301	1031	- 31	149	0,37	619	84,6
H V	199	222	146	567	433	491	0.99	5	3,1
	291	322	210	823	177	359	0,45	127	37,5
	350	399	255	1004	- 4	96	0,25	599	111,1
H VV	171	190	124	485	515	563	1,27	3	1,8
	260	288	187	735	265	337	0,59	69	24,2
	346	376	244	966	34	130	0,28	509	90,5
HS IV	211	234	50	595	405	462	0,90	8	3,3
	330	365	240	936	64	158	0,31	743	72,9
	338	375	245	958	42	138	0,29	790	63,2
TH III	172	191	125	488	512	561	1,26	3	1,4
	305	339	220	864	136	221	0,40	250	50,9
	351	390	253	994	6	104	0,25	779	114,9
TH' III	190	214	140	544	456	511	1,05	34	2,9
	306	339	220	865	135	220	0,40	229	10,5
	313	347	226	886	114	202	0,37	701	21,8
MH V	233	259	168	660	340	505	0,74	29	13,3
	348	386	251	985	15	112	0,26	614	96,7
	353	388	252	993	7	105	0,25	482	83,5
H VI	302	335	281	918	82	232	0,41	216	56,7
	340	377	315	1032	- 32	133	0,32	634	78,4
	314	348	294	956	44	200	0,37	62	65,5
HH VI	277	307	255	839	161	294	0,51	144	36,2
	326	362	300	988	12	168	0,33	619	80,0
	329	365	304	998	2	161	0,32	589	72,5
MH VI	280	311	262	853	147	285	0,50	163	32,7
	338	375	315	1028	- 28	138	0,32	787	91,5
	338	375	315	1028	- 28	138	0,32	762	85,1

4. táblázat: Keramzithomokos habarcsok adatai

Jel	Konzisz-tencia	Keverési arány	Halmaz-	Készítési	Cement	Homok	Víz
			térfogatsúly, kg/m³		mennyisége, kg/m³		
A I	fn	1 : 2,5 : 0,8	1010	1048	244	609	195
				1825	424	1060	341
				1810	421	1052	337
A II	pl	1 : 2,5 : 1,2	1460	1770	377	942	451
				1810	385	963	462
				1810	385	963	462
A III	fn	1 : 1,25 : 0,575	1120	1310	464	580	266
				1870	661	826	380
				1910	675	847	388
A IV	pl	1 : 1,25 : 0,72	1542	1730	584	726	420
				1730	584	726	420
				1880	634	790	456
A V	fn	1 : 0,85 0,455	1170	1310	569	484	257
				1950	846	719	385
				1990	864	734	392
A VI	pl	1 : 0,85 : 0,54	1560	1850	774	658	418
				1950	816	694	440
				1975	826	763	446

4. táblázat folytatása

Jel	Cement	Homok	Víz	Tömör térfogat, liter	Pórustartalom, liter		Víz+levegő/cement tényező	Nyomó	Hajlító
	tömör térfogat, liter				friss beton	kiszárítva		szilárdság, kp/cm²	
A I	83	238	195	516	484	542	2,78	3	0,8
	144	416	341	901	99	376	1,04	200	43,9
	143	412	337	892	08	382	1,06	193	43,2
A II	128	370	451	949	51	445	1,33	151	33,9
	131	377	462	970	30	434	1,28	176	35,1
	131	377	462	970	30	434	1,28	173	31,4
A III	158	227	266	651	349	545	1,33	19	7,9
	225	324	380	929	71	352	0,68	333	56,8
	229	332	388	949	51	338	0,65	309	53,3
A IV	198	285	420	903	97	429	0,89	277	48,5
	198	285	420	903	97	429	0,89	307	40,1
	215	310	456	981	19	380	0,75	293	48,7
A V	194	190	257	641	359	531	1,08	27	0,9
	288	282	385	955	45	303	0,51	460	23,5
	294	288	392	974	26	288	0,48	444	30,0
A VI	253	258	418	929	71	373	0,63	355	22,2
	278	272	440	990	10	328	0,55	458	24,4
	281	300	446	1027	- 27	295	0,54	442	21,4

5. táblázat: Habsalak habarcsok adatai

Jel	Konzisz-tencia	Keverési arány	Halmaz-	Készítési	Cement	Homok	Víz
			térfogatsúly, kg/m³		mennyisége, kg/m³		
B I	fn	1 : 2,0 : 0,45	1190	1225	355	710	160
				1840	533	1066	241
				2100	608	1216	276
B II	pl	1 : 2,0 : 0,6	1400	1445	400	800	245
				1970	548	1096	326
				2160	600	1200	360
B III	fn	1 : 1,3 : 0,37	1270	1200	450	585	165
				2230	835	1095	310
				2540	950	1240	350
B IV	pl	1 : 1,3 : 0,46	1615	1770	640	835	295
				2230	805	1055	370
				2460	890	1160	410
B V	fn	1 : 0,6 0,28	1400	1400	740	450	210
				2140	1140	680	320
				2300	1220	735	345
B VI	pl	1 : 0,6 : 0,32	1995	2140	1115	670	355
				2130	1110	665	355
				2325	1210	726	389

5. táblázat folytatása

Jel	Cement	Homok	Víz	Tömör térfogat, liter	Pórustartalom, liter		Víz+levegő/cement tényező	Nyomó	Hajlító
	tömör térfogat, liter				friss beton	kiszárítva		szilárdság, kp/cm^2	
B I	124	254	160	538	462	569	1,75	10	3,8
	181	381	241	803	197	358	0,82	127	45,6
	206	434	276	916	84	269	0,65	270	62,3
B II	136	285	245	616	384	569	1,57	21	10,2
	186	39	326	903	97	179	0,72	296	58,9
	204	429	360	993	7	277	0,61	271	59,3
B III	153	209	165	527	473	570	1,42	12	3,3
	284	391	310	985	15	200	0,39	483	82,2
	323	443	350	1116	- 116	91	0,25	496	81,5
B IV	217	299	295	811	189	388	0,76	76	29,9
	274	377	370	921	79	328	0,61	444	72,0
	303	414	410	1127	- 127	149	0,32	466	66,7
B V	252	161	210	623	377	476	0,79	37	11,2
	388	243	320	951	49	198	0,32	778	86,4
	415	263	345	1023	- 23	139	0,26	517	58,6
B VI	379	239	355	973	27	215	0,34	546	60,5
	378	238	355	971	29	218	0,34	459	75,1
	411	260	389	1060	- 60	148	0,27	717	55,7

6. táblázat: Tufahabarcsok adatai

Jel	Konzisztencia	Keverési arány	Halmaz-	Készítési	Cement	Homok	Víz
			térfogatsúly, kg/m^3		mennyisége, kg/m^3		
T I	fn	1 : 2,0 : 0,7	915	940	254	508	178
				1415	383	766	268
				1840	497	994	348
T II	pl	1 : 2,0 : 0,9	940	1140	292	584	204
				1725	442	884	398
				1690	433	866	390
T III	fn	1 : 1,5 : 0,575	880	910	296	444	170
				1320	430	645	249
				1850	602	903	346
T IV	pl	1 : 1,5 : 0,725	1030	1065	330	495	239
				1760	544	816	395
				1730	535	802	388
T V	fn	1 : 0,8 0,4	925	940	426	342	171
				1470	667	534	267
				1960	892	713	356
T VI	pl	1 : 0,8 : 0,48	1030	1100	482	386	232
				1865	817	654	392
				1930	846	677	407

6. táblázat folytatása

Jel	Cement	Homok	Víz	Tömör térfogat, liter	Pórustartalom, liter		Víz+levegő/cement tényező	Nyomó	Hajlító
	tömör térfogat, liter				friss beton	kiszárítva		szilárdság, kp/cm^2	
T I	86	226	178	490	510	650	2,71	1	0
	130	340	268	738	262	472	1,38	29	10,5
	169	441	348	958	42	315	0,79	160	30,6
T II	99	260	204	563	437	597	2,20	8	2,3
	150	393	398	941	59	391	1,03	139	29,9
	147	385	390	922	78	403	1,08	156	28,9
T III	101	197	170	468	532	658	2,37	1	0,4
	146	287	249	682	318	502	1,32	20	8,3
	206	401	346	953	47	293	0,65	219	53,1
T IV	112	20	239	571	429	618	2,02	4	0,7
	185	363	395	943	57	270	0,83	156	27,3
	182	357	388	927	73	381	0,86	205	33,2
T V	145	152	171	468	532	639	1,65	2	0,4
	227	238	267	732	268	435	0,80	49	20,6
	303	317	356	976	24	246	0,43	349	79,1
T VI	164	171	232	567	433	593	1,38	6	2,1
	278	291	392	961	39	309	0,53	276	48,0
	288	301	407	996	4	284	0,49	359	54,2

7. táblázat: Kazánsalak habarcsok adatai

Jel	Konzisz-tencia	Keverési arány	Halmaz-	Készítési	Cement	Homok	Víz
			térfogatsúly, kg/m³		mennyisége, kg/m³		
M I	fn	1 : 2,0 : 0,442	810	860	250	500	110
				1160	337	674	149
				1310	380	760	168
M II	pl	1 : 2,0 : 0,71	1100	1265	341	682	242
				1865	502	1004	357
				1880	506	1012	360
M III	fn	1 : 1,4 : 0,359	820	900	326	467	117
				1170	424	594	152
				1280	64	650	167
M IV	pl	1 : 1,4 : 0,556	1118	1255	424	594	236
				1890	639	895	356
				1890	639	895	356
M V	fn	1 : 0,7 0,285	998	1005	505	354	144
				1455	732	513	209
				1500	755	529	216
M VI	pl	1 : 0,7 : 0,379	1115	1300	624	437	237
				2010	966	676	367
				2040	981	686	372

7. táblázat folytatása

Jel	Cement	Homok	Víz	Tömör térfogat, liter	Pórustartalom, liter		Víz+levegő/cement tényező	Nyomó	Hajlító
	tömör térfogat, liter				friss beton	kiszárítva		szilárdság, kp/cm²	
M I	85	203	110	398	602	674	2,85	1	0,5
	115	274	149	538	462	560	1,81	16	7,1
	129	309	168	606	394	506	1,48	20	8,1
M II	116	276	242	634	366	557	1,78	14	4,3
	171	409	357	937	63	345	0,84	206	55,9
	172	413	360	945	55	339	0,82	208	59,9
M III	111	190	117	418	582	650	2,14	1	4,3
	144	242	152	538	462	550	1,45	15	7,8
	158	264	167	589	411	508	1,25	17	6,5
M IV	144	242	236	622	378	550	1,45	15	7,5
	218	364	356	938	62	322	0,65	278	71,8
	218	364	356	938	62	322	0,65	283	69,6
M V	172	144	144	460	540	608	1,35	2	2,0
	249	209	209	667	333	432	0,74	51	16,7
	257	216	216	689	311	414	0,70	60	17,7
M VI	212	178	237	627	363	616	0,98	25	12,7
	329	275	367	971	29	251	0,41	512	81,4
	334	279	372	985	15	240	0,40	557	82,4

8. táblázat: Dunahomokos habarcsok adatai (ÉKME vizsgálatok)

Jel	Friss térf. súly kg/m³	Cement	Homok	Víz	Cement	Homok	Víz	Össz. tömör térf. liter	Friss hab. pórust. liter	Víz levegő cement tény.	Térf. súly száraz kg/m³	Pórus-tart. száraz liter	Szil. K_H kp/cm²
		mennyisége, kg/m³			tömör térfogata, liter								
HA1	1640	485	966	186	162	365	186	713	287	0,98	1567	400	40
HA2	2070	610	1220	236	203	460	236	899	101	0,55	1925	246	220
HA3	2220	655	1310	253	215	493	253	968	32	0,44	2065	155	420
HB1	1930	565	1128	238	155	425	238	818	182	0,75	1777	335	180
HB2	2140	625	1250	267	208	471	267	946	54	0,52	1967	227	294
HB3	2220	650	1300	273	217	490	273	980	20	0,45	2044	196	383
HC1	1660	586	880	195	195	332	195	722	278	0,81	1553	385	44
HC2	2080	735	1100	245	245	415	245	905	95	0,46	1945	230	271
HC3	2200	778	1165	255	266	438	255	959	41	0,38	2061	180	500
HD1	1920	668	1005	250	223	380	250	853	147	0,59	1774	293	149
HD2	2140	745	1115	278	238	420	278	936	64	0,46	1974	230	341
HD3	2180	760	1140	286	253	428	286	967	33	0,42	2008	205	368
HE1	1560	686	686	186	225	258	186	669	331	0,75	1455	291	25
HE2	2010	885	885	240	295	332	240	867	133	0,42	1905	238	248
HE3	2130	940	940	254	313	351	254	918	82	0,36	2017	295	412
HF1	1940	625	825	294	275	311	194	880	120	0,50	1770	290	176
HF2	2140	910	910	322	303	344	322	969	31	0,39	1955	216	406
HF3	2180	925	925	330	308	350	330	988	12	0,36	1990	202	504

9. táblázat: Keramzithomok habarccsal készített keramzitbetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
B I/1	fn	537	0,54	0,46	58	146	46	250	540	125	0	22	11,9	0	11,9	2
B I/4		668	0,67	0,33	73	182	58	313	950	220	2		14,7	0,7	15,4	21
B I/7		732	0,73	0,27	79	196	63	338	1250	289	15		16,1	4	20,1	28
B II/1	fn	437	0,44	0,56	108	271	86	465	830	193	1	22	9,7	0,6	10,3	7
B II/4		657	0,66	0,34	163	407	130	700	2060	480	320		14,5	109	124	106
B II/7		642	0,64	0,36	159	398	127	684	1900	440	230		14,1	83	97,1	90
B III/1	pl	556	0,56	0,44	63	157	76	296	670	143	0	22	12,3	0	12,3	3
B III/4		701	0,70	0,30	77	95	92	364	1210	258	10		15,4	3	18,4	30
B I/II7		761	0,76	0,24	84	207	101	392	1630	348	110		16,7	26,4	43	40
B IV/1	pl	433	0,45	0,57	99	247	119	465	820	175	1	22	9,4	0,6	10	8
B IV/4		639	0,64	0,36	146	365	175	687	1910	407	300		14,1	108	122	102
B IV/7		634	0,63	0,37	145	362	174	681	1840	393	200		13,9	74	88	97
B IV/1	fn	524	0,52	0,48	85	103	49	237	500	178	0	22	11,4	0	11,4	3
B V/4		624	0,62	0,38	101	127	58	286	750	267	1		13,6	0,4	12	20
B V/7		700	0,70	0,30	114	140	66	320	1070	380	10		15,4	13	18,4	27
BV I/1	fn	406	0,41	0,59	154	192	88	434	1740	264	1	22	9	0,6	9.6	5
B VI/4		574	0,57	0,43	216	272	124	612	1420	506	50		12,5	22	35	59
B VI/7		598	0,60	0,40	227	284	131	642	1600	571	120		13,2	48	61	64
B VII/1	pl	536	0,54	0,46	86	104	62	252	550	187	0	22	11,9	0	11,9	6
B VII/4		680	0,68	0.32	110	134	79	323	1010	344	6		15	1,9	16,9	35
B VII/7		720	0,72	0,38	116	140	83	339	890	304	3		15,8	1	16,8	37
B VIII/1	pl	438	0,44	0,56	158	198	114	470	840	283	2	22	9,7	1,1	1,8	13
B VIII/4		666	0,67	0,33	242	302	174	718	2180	735	470		14,7	155	170	156
B VIII/7		632	0,63	0,37	229	286	165	680	1840	620	270		13,8	100	114	124
B IX/1	fn	542	0,54	0,46	108	92	49	249	540	234	0	22	11,9	0	11,9	4
B IX/4		614	0,61	0,39	123	104	56	283	730	317	2		13,4	0,8	14,2	16
B IX/7		722	0,72	0,28	144	122	66	332	1080	470	10		15,8	2,8	18,6	31
B X/1	fn	422	0,42	0,58	192	163	87	442	760	330	3	22	9,2	1,7	10,9	7
B X/4		580	0,58	0,42	263	224	120	607	1140	625	65		12,7	27	45	63
B X/7		606	0,61	0,39	274	233	124	631	1620	703	140		13,4	54,6	68	74
B XI/1	pl	534	0,53	0,47	103	88	56	247	530	222	0	22	11,7	0	11,7	6
B XI/4		668	0,67	0,33	129	109	70	308	930	390	5		14,7	1,7	16,7	42
B XI/7		710	0,71	0,29	137	116	74	327	1130	475	15		15,6	4,4	20,0	44
B XII/1	pl	450	0,45	0,55	188	160	91	439	800	343	4	22	9,9	2,2	12,1	16
B XII/4		696	0,70	0,30	291	248	101	640	2130	960	600		15,4	180	195	1601
B XII/7		656	0,66	0,34	274	233	108	615	1810	806	320		14,5	109	134	111

10. táblázat: Dunahomok habarccsal készített keramzitbetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
BXiiI/1	fn	504	0,50	0,50	104	215	40	359	720	210	0	22	11,0	0	11	3
BXIII/4		612	0,61	0,49	130	262	50	442	900	263	1		13,4	0,5	14	23
BXIII/7		668	0,67	0,33	43	285	55	483	1460	427	13		14,7	4,3	19	38
BXIV/1	fn	386	0,39	0,61	184	372	71	627	1030	301	1,5	22	8,6	0,9	10	6
BXIV/4		524	0,52	0,48	250	504	97	851	1770	418	68		11,4	32,6	44	79
BXIV/7		562	0,56	0,44	266	536	103	905	2060	602	195		12,3	85,8	99	129
BXV/1	pl	534	0,53	0,47	113	225	48	386	820	240	0,1	22	11,7	0	12	10
BXV/4		674	0,67	0,33	142	286	60	488	1480	433	15		14,7	5	20	56
BXV/7		714	0,71	0,29	150	301	63	514	1770	518	70		15,6	20,3	36	68
BXVI/1	pl	433	0,40	0,60	190	380	80	650	1080	316	2	22	8,8	1,2	20	15
BXVI/4		588	0,59	0,41	278	556	117	951	2320	680	490		13,0	201	214	194
BXVI/7		590	0,59	0,41	279	557	118	954	2320	680	490		13,0	201	214	167
BXVII/1	fn	494	0,49	0,51	126	188	41	355	700	248	0	22	10,8	0	11	3
BXVII/4		614	0,61	0,39	157	234	52	443	1140	403	3		13,6	1,2	15	29
BXVII/7		660	0,66	0,34	169	251	55	475	1400	495	12		14,5	4,1	19	41
BXVIII/1	fn	388	0,39	0,61	222	330	73	625	1020	360	2	22	8,6	1,2	10	7
BXVIII/4		570	0,57	0,43	324	487	106	917	2130	753	290		12,5	125	137	117
BXVIII/7		572	0,57	0,43	325	489	106	920	2140	756	295		12,5	127	139	141
BXIX/1	pl	506	0,51	0,46	126	189	47	362	740	256	0	22	11,2	0	11	6
BXIX/4		650	0,65	0.35	162	244	61	467	1330	460	11		14,3	3,9	18	53
BXIX/7		688	0,69	0,31	172	258	64	494	1590	550	30		15,2	9,3	125	65
BXX/1	pl	400	0,40	0,60	224	340	84	548	1080	374	2,5	22	8,8	1,5	10	18
BXX/4		594	0,59	0,41	332	506	124	962	2340	810	650		13,0	266	279	205
BXX/7		600	0,60	0,40	333	511	124	968	2420	838	850		13,2	340	353	198
BXXI/1	fn	504	0,50	0,50	161	161	40	362	720	320	0,1	22	11,0	0	11	2
BXX/4		644	0,64	0,36	205	205	50	460	1280	570	9		14,1	3,2	17	30
BXXI/7		674	0,67	0,33	215	215	53	483	1460	650	20		14,7	6,6	21	39
BXXII/1	fn	364	0,36	0,64	261	163	64	576	920	410	2	22	7,9	1,3	9	4
BXXII/4		496	0,50	0,50	358	358	68	804	1610	716	45		11,0	22,5	34	64
BXXII/7		544	0,54	0,46	393	393	96	882	1690	854	165		11,9	76	88	117
BXXIII/1	pl	498	0,50	0,50	156	156	49	361	720	311	0,1	22	11,0	0	11	5
BXXIII/4		634	0,63	0,37	200	200	63	463	1250	540	7		13,9	2,6	17	42
BXXIII/7		686	0,69	0,31	214	214	68	496	1600	690	40		15,2	12,4	28	59
BXXIV1	pl	353	0,35	0,65	251	251	80	582	900	389	1	22	7,7	0,7	8	6
BXXIV/4		512	0,51	0,49	361	361	114	836	1710	740	120		11,2	59	70	85
BXXIV/7		552	0,55	0,45	390	390	124	904	2010	865	220		12,1	99	111	133

11. táblázat: Habsalakhomok habarccsal készített habsalakbetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
S I/1	fn	640	0,39	0,61	137	273	84	494	810	225	0,1	15	6,3	0,1	6	4
S I/4		816	0,50	0,50	176	345	108	629	1260	350	10		8	5	13	24
S I/7		884	0,54	0,46	188	375	114	677	1470	410	30		8,7	13,8	23	38
S II/1	fn	454	0,28	0,72	216	431	99	746	1020	296	1	15	4,5	0,7	5	3
S II/4		602	0,37	0,63	286	572	30	988	1570	455	32		5,9	20	26	62
S II/7		650	0,40	0,60	307	614	140	1061	1770	510	90		6,3	54	60	95
S III/1	pl	760	0,47	0,53	87	173	84	344	650	172	0	15	7,4	0	7	2
S III/4		912	0,56	0,44	104	207	102	413	940	250	0,2		8,9	0	9	9
S III/7		1010	0,62	0,38	107	227	112	446	1170	282	5		9,9	1,9	12	15
S IV/1	pl	494	0,30	0,70	225	450	30	805	1150	326	5	15	4,8	3,	8	17
S IV/4		648	0,40	0,60	296	585	164	1045	1740	495	75		6,3	45	51	70
S IV/7		678	0,42	0,58	313	618	178	1109	1910	545	115		6,6	66,8	73	98
S V/1	fn	690	0,42	0,58	187	244	92	523	900	320	0,2	15	6,8	0,1	7	10
S V/4		840	0,52	0,48	230	297	112	639	1330	480	20		8,3	9,6	18	39
S V/7		924	0,57	0,43	252	327	116	695	1620	580	150		9	21,5	31	66
S VI/1	fn	484	0,30	0,70	304	386	108	798	1140	430	5	15	4,7	3,5	8	18
S VI/4		666	0,41	0,59	408	530	149	1087	1840	695	145		6,5	85,5	92	127
S VI/7		704	0,43	0,57	434	562	158	1154	2030	770	270		6,9	1254	161	163
S VII/1	pl	710	0,44	0,56	188	244	109	541	970	336	0,3	15	6,9	0,2	7	15
S VII/4		868	0,53	0.47	229	298	134	661	1410	485	22		8,4	10,4	19	40
S VII/7		950	0,58	0,42	251	326	147	724	1720	590	70		9,3	29,4	39	61
S VIII/1	pl	512	0,31	0,69	320	415	138	873	1260	460	10	15	5	6,9	12	33
S VIII/4		732	0,45	0,55	438	570	192	1200	2180	800	370		7,2	203	210	246
S VIII/7		730	0,45	0,55	437	567	190	1194	2170	795	360		7,2	198	205	219
S IX/1	fn	716	0,44	0,56	276	166	98	540	970	495	0,5	15	7,1	0,3	7	21
S IX/4		904	0,55	0,45	350	210	126	686	1530	780	56		8,7	25,2	34	77
S IX/7		978	0,60	0,40	377	226	137	739	1850	945	205		9,6	82	92	115
S X/1	fn	510	0,31	0,69	446	267	120	833	1210	650	16	15	5	11,1	16	29
S X/4		778	0,48	0,52	680	409	183	1272	2440	1300	770		7,7	400	408	453
S X/7		784	0,48	0,52	662	411	184	1277	2450	1310	780		7,7	406	414	483
S XI/1	pl	740	0,45	0,55	286	168	117	571	1040	520	1	15	7,7	0,6	8	25
S XI/4		948	0,58	0,42	364	215	147	726	1730	865	115		9,3	48,4	58	91
S XI/7		1004	0,62	0,38	385	229	156	770	2020	1010	340		9,8	129	139	130
S XII/1	pl	532	0,33	0,67	458	275	138	871	1300	685	30	15	5,3	20,1	25	27
S XII/4		772	0,47	0,53	660	400	199	1259	2370	1250	700		7,5	371	379	458
S XII/7		776	0,48	0,52	661	401	199	1261	2420	1270	750		7,5	388	396	420

12. táblázat: Dunahomok habarccsal készített habsalakbetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
SH I/1	fn	720	0,44	0,56	154	310	45	510	910	276	0,1	15	7,1	0,1	Ű7	9
SH I/4		904	0,56	0,44	194	388	60	642	1140	340	2		8,7	0,9	10	45
SH I/7		980	0,60	0,40	212	421	64	697	1740	530	65		9,9	26	36	74ű
SH II/1	fn	524	0,32	0,68	256	510	77	843	1240	377	7	15	5,1	4,8	10	22
SH II/4		760	0,47	0,53	364	735	110	1209	2280	694	425		7,3	225	232	226
SH II/7		762	0,47	0,53	366	737	110	1211	2290	696	430		7,3	228	235	232
SHIII/1	pl	742	0,46	0,54	158	37	52	527	980	298	0,2	15	7,2	0,1	7	10
SHIII/4		940	0,56	0,42	200	400	60	660	1570	476	25		10,1	10,5	21	50
SHII/7		980	0,60	0,40	210	420	63	693	1730	525	62		10,5	24,8	35	70
SHIV/1	pl	550	0,34	0,66	267	534	60	861	1305	396	20	15	5,4	13,2	19	28
SHIV/4		742	0,46	0,54	365	722	108	1195	2210	672	320		7,4	173	180	250
SHIV/7		754	0,46	0,54	367	730,	109	1206	2230	678	350		7,4	189	196	200
SH V/1	fn	726	0,45	0,55	189	280	52	512	930	337	0,2	15	7,1	0,1	7	12
SH V/4		924	0,57	0,43	240	356	66	662	1540	566	25		9,0	10,8	20	66
SH V/7		992	0,60	0,40	256	380	70	706	1770	640	75		9,6	30	40	94
SHVI/1	fn	520	0,32	0,68	303	450	82	835	1230	445	7	15	5,1	4,8	10	20
SHVI/4		780	0,48	0,52	455	675	123	1253	2410	870	740		7,7	384	391	367
SHVI/7		780	0,48	0,52	454	674	122	1250	1400	860	700		7,7	353	360	312
SHVII/1	pl	760	0,47	0,53	194	290	54	538	1010	364	1	15	7,5	0,5	8	17
SHVII/4		950	0,58	0,42	241	363	66	670	1600	577	32		9,3	13,4	23	70
SHVII/7		1000	0,61	0,39	257	387	71	715	1830	660	100		9,8	39	49	94
SHVIII/1	pl	580	0,36	0,64	334	500	92	926	1450	523	17	15	5,7	11	17	45
SHVIII/4		762	0,47	0,53	440	654	121	1215	2290	825	540		7,5	286	294	304
SHVIII/7		770	0,47	0,53	445	661	122	1228	2320	835	590		7,7	312	320	319
SH IX/1	fn	716	0,44	0,56	230	230	57	517	920	410	1	15	7,1	0,6	8	1401
SH IX/4		934	0,57	0,43	304	304	76	684	1590	708	40		9,2	17,2	26	04
SH IX/7		1000	0,62	0,38	325	325	82	732	1930	856	180		9,8	68,4	78	136
SH X/1	fn	494	0,30	0,70	360	360	90	810	1160	516	3	15	4,8	2,1	7	18
SH X/4		786	0,48	0,52	572	572	142	1285	2470	1100	850		7,7	441	449	397
SH X/7		784	0,48	0,52	570	570	142	1282	2460	1090	840		7,7	436	444	397
SHXI/1	pl	744	0,46	0,54	237	237	59	533	990	440	1	15	6,3	0,5	7	21
SHXI/4		966	0,59	0,41	307	307	76	690	1680	748	60		9,5	24,6	34	111
SHXI/7		1006	0,62	0,38	321	321	80	722	1900	846	150		9,8	57	67	140
SHXII/1	pl	558	0,34	0,66	398	398	98	894	1360	605	20	15	6,4	13,2	20	45
SHXII/4		770	0,47	0,53	550	550	137	1237	2330	1035	700		7,4	371	378	397
SHXII/7		784	0,48	0,52	563	563	140	1266	2430	1080	850		7,7	441	448	380

13. táblázat: Tufahomok habarccsal készített tufabetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
T I/1	fn	468	0,35	0,65	100	200	113	413	623	153	0,1	27	9,4	0,1	10	1
T I/4		621	0,46	0,54	132	265	151	548	1020	248	2		12,4	1,1	14	8
T I/7		813	0,60	0,40	173	346	190	715	1810	438	115		16,2	46	62	52ű
T II/1	fn	351	0,26	0,74	172	342	181	695	940	232	0,5	27	7	0,4	7	6
T II/4		540	0,40	0,60	265	528	272	1065	1780	440	108		10,8	64,8	76	75
T II/7		543	0,40	0,60	266	531	274	1071	1795	443	110		10,8	66	77	69
T III/1	pl	321	0,24	0,76	159	320	127	606	795	208	0,2	27	6,5	0,1	7	1
T III/4		429	0,32	0,68	214	430	172	816	1190	312	14		8,4	9,5	18	18
T II/7		570	0,44	0,56	280	562	227	1069	1900	500	146		11,9	82	94	117
T IV/1	pl	495	0,37	,063	104	219	172	495	780	165	0,1	27	10	0,1	10	4
T IV/4		798	0,59	0,41	174	355	280	809	1980	420	148		15,9	60,9	77	60
T IV/7		801	0,60	0,40	175	356	282	813	2000	425	150		16,2	60	76	64
T V/1	fn	480	0,36	0,64	127	190	123	440	682	197	0,01	27	9,7	0	10	1
T V/4		639	0,47	0,53	168	252	164	584	1110	320	8		12,7	4,2	17	13
T V/7		804	0,60	0,40	212	318	208	738	1830	528	135		16,2	54	70	68
T VI/1	fn	330	0,25	0,75	195	292	128	615	815	258	0,5	27	6,7	0,3	7	2
T VI/4		477	0,34	0,65	282	421	185	888	1370	435	30		9,4	19,5	29	43
T VI/7		588	,44	0,56	348	525	230	1103	1950	620	195		11,9	109	121	143
T VII/1	pl	534	0,40	0,60	143	215	182	540	895	233	0,5	27	10,8	0,3	11	6
T VII/4		807	0,60	0,40	216	325	277	818	2040	540	185		16,2	74	80	60
T VII/7		801	0,60	0,40	215	322	275	812	2000	530	172		16,2	68,8	75	64
T VIII/1	pl	369	0,27	0,73	224	340	192	756	1040	309	4	27	7,2	2,9	10	11
T VIII/4		528	0,39	0,61	325	485	276	1086	1780	529	126		10,5	77	88	103
T VIII/7		534	0,40	0,60	326	490	277	1093	1810	538	140		10,8	84	95	107
T IX/1	fn	492	0,36	0,64	184	146	127	457	720	290	0,1	27	9,7	0,1	10	1
T IX/4		645	0,48	0,52	241	192	167	600	1150	464	14		12,9	7,3	20	19
T IX/7		837	0,62	0,38	310	247	214	761	1750	705	175		16,7	66,5	93	120
T X/1	fn	342	0,25	0,75	265	229	133	647	866	782	1	27	6,7	0,7	7	2
T X/4		459	0,34	0,66	381	305	178	864	1310	575	32		9,2	21,1	30	36
T X/7		603	0,45	0,55	505	402	236	1143	2060	904	350		12,2	193	205	235
T XI/1	pl	546	0,41	0,59	206	166	184	556	940	348	2	27	11,1	1,2	12	11
T XI/4		816	0,61	0,39	310	248	276	834	2110	782	290		16,4	113	129	104
T XI/7		822	0,61	0,39	312	250	278	840	2150	796	300		16,4	117	133	108
T XII/1	pl	372	0,28	0,72	320	255	187	762	1050	441	8	27	7,6,	5,8	13	14
T XII/4		546	0,41	0,59	4704	375	274	1119	1880	7908	235		11,1	138	149	164
T XII/7		552	0,41	0,59	78	382	277	1137	1930	10	258		11,1	152	163	168

14. táblázat: Dunahomok habarccsal készített tufabetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
TXiiI/1	fn	570	0,42	0,58	137	274	40	451	790	240	0	27	11,3	0	11	3
TXIII/4		771	0,57	0,43	186	370	55	611	1420	430	13		15,4	5,6	21	36
TXIII/7		888	0,66	0,34	214	426	64	704	2060	625	200		17,8	68	86	128ű
TXIV/1	fn	420	0,31	0,69	230	458	69	757	1100	334	2	27	5,4	1,4	7	9
TXIV/4		645	0,48	0,52	347	698	104	1149	2200	667	302		12,9	157	170	247
TXIV/7		660	0,49	0,51	355	720	107	1182	2320	704	500		13,2	245	258	289
T XV/1	pl	615	0,46	0,54	156	313	47	516	950	289	0,5	27	12,4	0,2	13	15
T XV/4		882	0,66	0,34	223	446	67	736	2130	647	250		17,8	85	103	85
T XV/7		888	0,66	0,34	225	450	67	742	2180	662	285		17,8	97	105	90
TXVI/1	pl	474	0,35	0,65	2703	535	81	886	1368	415	11	27	9,4	7,2	17	36
TXVI/4		615	0,46	0,54	50	694	105	1149	2110	640	240		12,4	130	142	172
TXVI/7		615	0,46	0,54	35	694	105	1149	2110	640	240		12,4	130	142	186
TXVII/1	fn	564	0,42	0,58	162	240	44	446	766	276	0,1	27	11,3	0,1	11	3
TXVII/4		771	0,57	0,43	224	332	62	618	1440	521	12		15,4	5,2	21	52
TXVII/7		891	0,66	0,34	256	338	78	672	1980	706	175		17,8	59,5	77	147
TXVIII/1	fn	408	0,30	0,70	263	396	73	732	1050	381	1	27	8,1	0,7	9	6
TXVIII/4		660	0,49	0,51	425	636	117	1178	2310	839	600		13,2	306	319	302
TXVIII/7		681	0,51	0,49	431	660	119	1210	2440	866	950		13,5	465	479	325
TXIX/1	pl	651	0,48	0,52	198	300	55	553	1070	388	2	27	13,0	1	14	24
TXIX/4		876	0,65	0,35	265	400	83	748	2140	776	310		17,6	108	126	106
TXIX/7		882	0,66	0,34	267	403	83	750	2170	786	335		17,8	114	132	112
T XX/1	pl	498	0,37	0,63	342	510	93	945	1500	544	18	27	10,0	13,3	23	58
T XX/4		615	0,46	0,54	420	630	95	1145	2100	761	265		12,4	143	155	199
T XX/7		615	0,46	0,54	421	633	95	1149	2110	765	275		12,4	149	161	199
T XXI/1	fn	573	0,43	0,57	204	204	51	459	800	356	0	27	11,6	0	12	2
T XXI/4		741	0,55	0,45	263	263	66	592	1310	583	11		14,8	5	20	47
T XXI/7		858	0,64	0,36	306	306	76	688	1890	840	145		17,3	52,2	70	128
TXXII/1	fn	447	0,31	0,69	336	336	83	757	1090	485	2	27	8,4	1,4	10	7
TXXII/4		600	0,45	0,55	484	484	121	1089	1960	872	195		12,1	107	119	181
TXXII/7		648	0,48	0,52	529	529	131	1189	2290	1020	640		13,0	332	345	344
TXXIII/1	pl	669	0,49	0,51	245	245	61	551	1080	480	3	27	13,2	1,5	15	32
TXXIII/4		888	0,66	0,34	330	330	82	742	2180	970	425		17,9	144	162	142
TXXIII/7		888	0,66	0,34	328	328	81	737	2160	960	400		17,8	136	154	159
TXXIV/1	pl	588	0,44	0,56	450	450	113	1013	1810	805	110	27	10,5	61,6	72	121
TXXIV/4		615	0,46	0,54	523	523	131	1177	2160	960	40		12,4	216	228	297
TXXIV/7		612	0,45	0,55	520	520	130	1170	2150	957	380		12,1	209	231	286

15. táblázat: Kazánsalakhomok habarccsal készített kazánsalakbetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
M I/1	fn	600	0,39	0,61	119	249	53	421	690	195	0	21	8,2	0	8,2	2
M I/4		766	0,50	0,50	152	318	67	537	1070	302	10		10,5	5	15,5	28
M I/7		768	0.50	0,50	153	321	68	542	1080	305	10		10,5	5	15,5	16
M II/1	fn	376	0,24	0,76	183	358	81	622	820	242	1	21	5	0,8	6	2
M II/4		532	0,35	0,65	260	508	115	883	1360	400	30		7,4	19,5	27	29
M II/7		516	0,34	0,56	253	494	112	859	1300	383	24		7,1	15,8	23	24
M III/1	pl	674	0,44	0,56	36	270	96	502	900	243	4	21	9,2	2,2	11	15
M III/4		950	0,62	0,38	190	376	135	701	1840	497	190		13	72	85	133
M II/7		990	0,64	0,36	180	354	128	662	1840	497	190		13,5	68	82	91
M IV/1	pl	456	0,30	0,70	203	407	144	754	1080	292	10	21	6,3	7	13	16
M IV/4		648	0,42	0,58	286	575	203	1064	1830	495	180		8,8	105	113	175
M IV/7		662	0,42	0,57	294	590	208	1092	1920	520	250		9	142	151	199
M V/1	fn	560	0,36	0,64	146	250	52	448	900	228	0	11	7,6	0	8	2
M V/4		740	0,48	0,52	194	332	70	596	1150	375	14		10,1	7,3	17	29
M V/7		720	0,47	0,53	188	322	67	577	1090	356	10		9,9	5,3	15	18
M VI/1	fn	590	0,38	0,62	155	214	56	415	670	250	0	21	8	0	8	26
M VI/4		792	0,52	0,48	207	286	74	567	1180	440	15		10,9	7,2	18	42
M VI/7		796	0,52	0,48	210	290	75	575	1200	450	18		10,0	8,7	20	39
M VII/1	pl	640	0,42	0,58	160	224	89	473	820	280	1	21	8,8	0,6	9	10
M VII/4		882	0,57	0,43	222	305	133	660	1530	520	50		12	21,5	44	94
M VII/7		844	0,55	0,45	212	294	118	624	1390	470	40		11,5	18	40	59
M VIII/1	pl	446	0,28	0,71	250	350	139	739	1040	350	7	21	5	5	10	17
M VIII/4		654	0,43	0,57	370	512	206	1088	1910	650	285		9	162	171	269
M VIII/7		670	0,44	0,56	375	523	208	1106	1970	670	325		9,2	182	191	289
M IX/1	fn	606	0,39	0,61	218	154	62	434	710	360	1	21	8,2	0,6	9	1
M IX/4		780	0,51	0,49	280	193	80	553	1130	570	14		10,7	6,9	18	27
M IX/7		784	0,51	0,49	284	199	81	564	1150	580	14		10,7	6,9	18	24
M X/1	fn	476	0,31	0,69	293	275	83	651	940	425	5	21	6,5	3,5	10	16
M X/4		730	0,47	0,53	447	420	127	994	1870	840	300		9,9	159	169	326
M X/7		738	0,48	0,52	451	420	128	999	1920	865	360		10,1	187	197	356
M XI/1	pl	684	0,44	0,56	242	170	92	504	900	432	4	21	9,2	2,2	11	22
M XI/4		1022	0,66	0,34	360	255	136	751	2210	1060	760		13,9	258	272	310
M XI/7		1004	0,65	0,35	355	252	134	741	2120	1040	650		13,6	227	241	309
M XII/1	pl	464	0,30	0,70	365	257	138	760	1080	520	10	21	6,3	7	13	28
M XII/4		692	0,45	0,55	548	386	08	1142	2080	1000	560		9,5	308	318	402
M XII/7		708	0,46	0,54	552	390	209	1151	2140	1030	660		9,7	356	366	431

16. táblázat: Dunahomok habarccsal készített kazánsalakbetonok vizsgálati eredményei

Az oszlopok jelmagyarázata:

1 Jel
2 Konzisztencia
3 1-30 mm-es adalékanyag súlya, kg
4 1-30 mm-es adalékanyag térfogata, V_A, m^3
5 Habarcs térfogata, V_H, m^3
6 Habarcsalkotó cement, kg
7 Habarcsalkotó 0-1 mm-es homok, kg
8 Habarcsalkotó víz, kg
9 A habarcs súlya, kg
10 A habarcs térfogatsúlya, kg/m^3
11 A habarcs cementtartalma, kg/m^3
12 A habarcs szilárdsága, K_H , kp/cm^2
13 Az adalékanyag nyomószilárdsága, K_A , kp/cm^2
14 A $K_A \times V_A$ szorzat (4. és 13. oszlop)
15 A $K_H \times V_H$ szorzat (5. és 12. oszlop)
16 A beton K_B nyomószilárdságának a (13) képlet szerint számított értéke, kp/cm^2
17 A beton K_B nyomószilárdságának mért értéke, kp/cm^2

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
MH I/1	fn	650	0,42	0,58	141	283	62	486	840	244	0	21	8,7	0	9	6
MH I/4		832	0,54	0,46	186	370	82	638	1390	404	10		11,3	4,6	16	57
MH I/7		844	0,55	0,45	183	366	81	630	1400	406	12		11,5	5,4	17	48
MH II/1	fn	496	0,32	0,68	241	487	106	834	1220	354	6	21	6,7	4	11	21
MH II/4		714	0,46	0,54	345	694	152	1191	2200	640	285		9,7	154	167	287
MH II/7		700	0,45	0,55	340	685	150	1175	2140	620	250		9,5	137	147	228
MHIII/1	pl	694	0,45	0,55	148	299	105	552	1000	270	1	21	9,5	0,6	10	13
MHIII/4		916	0,59	0,41	195	393	138	726	1530	413	22		12,4	9	21	82
MHII/7		900	0,58	0,42	191	380	136	707	1680	454	50		12,2	21	33	71
MHIV/1	pl	502	0,33	0,67	244	483	173	900	1340	362	14	21	6,9	9,4	16	22
MHIV/4		712	0,46	0,54	344	684	244	1272	2360	636	460		9,7	248	258	271
MHIV/7		704	0,46	0,54	340	677	241	1258	2330	602	400		9,7	216	226	260
MH V/1	fn	640	0,42	0,58	164	246	59	469	810	283	0	21	8,8	0	9	9
MH V/4		850	0,56	0,44	218	327	78	623	1410	495	13		11,7	5,7	17	71
MH V/7		862	0,56	0,44	220	332	79	631	1430	500	14		11,7	6,2	17	69
MHVI/1	fn	500	0,32	0,58	288	434	103	825	1210	424	5	21	6,7	3,4	10	24
MHVI/4		724	0,47	0,53	420	630	151	1201	2250	790	445		9,9	236	246	378
MHVI/7		744	0,48	0,52	426	645	153	1224	2360	825	700		10,1	364	374	413
MHVII/1	pl	730	0,47	0,53	187	281	104	572	1080	354	1	21	9,9	0,5	10	24
MHVII/4		966	0,63	0,37	247	373	137	757	2040	669	200		13,2	74	87	152
MHVII/7		930	0,60	0,40	237	360	132	729	1820	596	85		12,6	34	47	120
MHVIII/1	pl	504	0,33	0,67	290	431	161	882	1310	430	11	21	6,9	7,4	14	28
MHVIII/4		728	0,47	0,53	421	628	234	1283	2420	790	650		9,9	344	354	399
MHVIII/7		734	0,48	0,52	422	632	235	1289	2470	810	800		10,1	416	426	427
MH IX/1	fn	686	0,45	0,55	218	218	62	498	900	395	1	21	9,5	0,6	10	15
MH IX/4		914	0,59	0,41	290	290	83	663	1620	710	50		12,4	21,5	33	127
MH IX/7		918	0,60	0,40	291	291	83	665	1660	726	55		12,6	22	35	129
MH X/1	fn	492	0,32	0,68	347	347	99	793	1160	508	4	21	6,7	2,7	9	24
MH X/4		740	0,48	0,52	529	529	151	1209	2330	1020	750		10,1	390	400	488
MH X/7		750	0,49	0,51	531	531	151	1213	2380	1040	800		10,3	480	418	526
MHXI/1	pl	670	0,44	0,56	212	212	80	504	900	380	1	21	9,2	0,66	10	15
MHXI/4		904	0,59	0,41	286	286	108	680	1660	700	52		12,4	21,3	34	132
MHXI/7		940	0,61	0,39	298	298	113	709	1820	766	110		12,8	42,9	58	172
MHXII/1	pl	518	0,34	0,66	368	368	139	875	1320	556	12	21	7,1	7,9	15	36
MHXII/4		730	0,47	0,53	522	522	198	1242	2350	990	750		9,9	397	407	444
MHXII/7		746	0,49	0,51	532	522	202	1256	2470	1040	900		10,3	459	469	477

17. táblázat: Téglazúzalékos betonok adatai (ÉKME vizsgálatok)

Jel	Térfogat, liter		A habarcs			K_H	$K_H \times V_H$	$K_A \times V_A$	Nyomószilárdság, kp/cm^2	
	adalék-anyag	habarcs	súlya, kg	térfogat-súlya, kg/m^3	cement-tartalma, kg/m^3				számí-tott	tényle-ges
TA	434	566	646	1140	357	5	3	25	28	25
	530	470	796	1690	529	50	23	31	54	135
	574	426	858	2020	632	210	89	33	122	243
	344	656	1062	1620	506	40	26	20	46	70
	392	608	1210	1990	621	180	110	23	133	203
	412	588	1280	2180	681	370	217	24	241	349
TB	540	360	742	1610	504	40	18	31	49	50
	594	406	796	1960	612	165	67	34	101	112
	628	372	858	2300	719	450	167	37	204	133
	356	644	1100	1710	535	60	39	21	60	78
	403	597	1240	2080	651	250	149	23	172	267
	422	578	1300	2250	705	420	242	24	266	339
TC	508	492	700	1420	538	20	10	30	40	57
	570	430	780	1820	690	95	41	33	74	136
	616	384	850	2210	836	630	242	36	278	280
	347	653	1070	1640	620	40	26	20	46	90
	402	598	1230	2060	778	260	155	23	178	288
	417	583	1290	2210	835	620	361	24	385	391
TD	531	469	710	1520	575	30	14	31	45	69
	606	394	820	2080	790	290	114	35	149	186
	630	370	850	2300	870	520	192	37	229	242
	327	673	910	1350	511	20	14	19	33	36
	418	552	1180	2140	810	420	231	24	255	253
	441	559	1240	2220	840	650	364	26	390	407
TE	500	500	690	1380	652	15	8	29	37	67
	588	412	810	1960	926	20	91	34	125	217
	628	372	860	2310	1090	800	297	37	334	337
	300	700	910	1300	615	15	10	17	27	22
	380	620	1160	1870	985	170	105	22	127	199
	425	575	1280	2230	1050	700	403	25	428	452
TF	573	427	740	1730	829	85	36	33	96	149
	615	385	800	2080	995	350	135	36	171	258
	631	369	820	2220	1060	700	258	37	295	275
	326	674	960	1420	680	20	14	19	33	58
	404	596	1190	2000	957	270	161	23	184	389
	418	582	1230	2120	1015	480	279	24	303	454

18. táblázat: Pernyekavics betonok adatai (ÉKME vizsgálatok)

Jel	Térfogat, liter		A habarcs			K_H	$K_H \times V_H$	$K_A \times V_A$	Nyomószilárdság, kp/cm^2	
	adalék-anyag	habarcs	súlya, kg	térfogat-súlya, kg/m^3	cement-tartalma, kg/m^3				számí-tott	tényle-ges
TA	531	469	762	1430	445	15	7	38	45	107
	550	450	794	1760	548	66	33	39	72	150
	588	412	851	2070	645	240	99	42	141	301
	346	654	1107	1640	511	40	27	25	52	98
	390	610	1232	2020	630	210	128	28	156	269
	408	592	1302	2200	685	400	236	29	2465	354
TB	525	475	755	1590	496	30	14	37	51	101
	562	438	810	1850	578	105	46	40	86	163
	595	405	858	2120	663	295	119	42	161	224
	356	644	1142	1780	556	70	45	25	70	151
	380	620	1216	1960	613	170	105	27	132	252
	397	603	1277	2110	660	330	199	28	227	274
TC	465	535	668	1250	472	10	5	33	38	33
	535	465	773	1660	626	45	21	38	59	123
	591	409	850	2080	785	390	159	42	201	290
	313	687	1007	1470	556	15	10	22	32	43
	376	624	1208	1930	730	165	103	27	130	227
	394	606	1276	2110	796	350	212	28	230	362
TD	542	458	777	1700	642	55	25	38	63	104
	533	447	792	1770	669	75	34	39	73	193
	595	405	853	2100	793	320	129	42	171	274
	348	652	1122	1720	650	65	42	25	67	160
	380	620	1225	1980	748	200	124	27	151	272
	390	610	1256	2060	778	270	164	28	192	343
TE	469	531	660	1240	590	15	8	33	41	30
	511	489	718	1470	700	20	10	36	46	63
	595	405	834	2060	980	330	134	42	176	328
	320	680	1014	1490	710	25	17	23	40	47
	376	624	1195	1920	915	190	117	27	144	249
	404	596	1280	2150	1025	600	357	29	386	423
TF	542	458	762	1660	790	60	28	38	66	196
	555	445	777	1740	830	90	40	39	79	223
	593	407	832	2040	970	300	122	42	164	291
	357	643	1140	1770	840	100	64	25	89	267
	372	628	1190	1900	905	175	110	26	136	322
	382	618	1222	1980	940	250	154	27	181	354

19. táblázat: Keramzitbetonok adatai

Jelmagyarázat:

1. Jel
2. Víz/cement tényező
3. Halmaztérfogatsúly, kg/m^3
4. Készítési térfogatsúly, kg/m^3
5. Tömörítési fok
6. Bedolgozási modulus
7. Cement mennyisége, kg/m^3
8. Víz mennyisége, kg/m^3
9. 0-1 mm-es adalékanyag mennyisége, kg/m^3
10. 1-D_{max} mm-es adalékanyag mennyisége, kg/m^3
11. Cement tömör térfogata, liter/m^3
12. Víz térfogata, liter/m^3
13. 0-1 mm-es adalékanyag tömör térfogata, liter/m^3
14. 1-D_{max} mm-es adalékanyag tömör térfogata, liter/m^3
15. Pórustartalom, liter/m^3
16. Víz+levegő/cement tényező
17. Nyomószilárdság, kp/cm^2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
I/1-3	1,34	795	819	3,0	164	58	78	146	537	20	78	57	211	634	12,25	2
I/4-6			1020	28,3	2070	73	98	182	668	25	98	71	262	544	8,8	21
I/7-9			1114	40,2	3170	79	106	196	731	27	106	77	287	503	7,7	28
II/1-3	1,07	900	931	4,60	500	108	116	271	437	37	116	106	172	569	6,34	7
II/4-6			1400	57,3	9350	163	174	407	657	55	174	159	258	354	3,24	106
II/7-9			1369	53,8	8560	159	170	398	642	54	170	155	252	369	3,39	90
III/1-3	1,34	815	870	6,7	420	63	84	157	556	21	84	62	218	615	11,1	3
III/4-6			1077	36,1	2780	77	104	195	701	26	104	76	275	519	8,07	30
III/7-9			1170	43,8	3720	84	113	207	761	29	113	81	298	479	7,76	40
IV/1-3	1,48	880	925	5,1	510	99	146	247	433	34	146	97	170	553	7,06	8
IV/4-6			1368	55,5	8480	146	217	366	639	50	217	143	250	340	3,81	102
IV/7-9			1356	54,1	7850	145	214	362	634	49	214	142	248	347	3,87	97
V/1-3	1,01	775	798	2,9	250	85	86	103	524	29	86	40	206	639	9,38	3
V/4-6			954	23,2	230	101	102	127	624	34	103	50	244	590	6,85	20
V/7-9			1070	38,2	4360	114	116	140	700	39	116	55	274	516	5,55	27
VI/1-3	0,77	845	870	2,9	450	154	118	192	406	52	118	75	159	596	4,64	5
VI/4-6			1227	45,2	9780	216	165	272	574	74	165	106	225	430	2,75	59
VI/7-9			1280	51,4	11650	227	173	284	598	77	173	111	234	405	2,54	64
VII/1-3	1,12	805	823	2,2	190	86	97	104	536	29	97	41	210	623	8,38	6
VII/4-6			1046	29,9	3290	110	122	134	680	37	122	53	267	521	5,85	35
VII/7-9			1106	37,4	4350	116	130	140	720	39	130	55	282	494	5,37	37
VIII/1-3	0,92	920	939	2,1	330	158	145	198	438	54	145	78	172	551	4,4	13
VIII/4-6			1431	55,7	13460	242	221	302	666	82	221	118	262	317	2,22	156
VIII/7-9			1356	47,6	10900	229	210	286	632	78	210	112	248	352	2,46	124
IX/1-3	0,77	770	825	7,1	770	108	83	92	542	37	83	36	212	632	6,62	4
IX/4-6			937	21,8	2680	123	95	104	614	42	95	41	240	582	5,52	16
IX/7-9			1098	42,6	6140	144	111	122	722	49	111	48	283	509	4,32	31
X/1-3	0,6	840	891	6,1	1170	192	115	163	422	65	115	64	165	591	3,69	7
X/4-6			1225	45,9	12060	263	158	224	580	90	158	88	227	4374	2,26	63
X/7-9			1279	52,2	14030	274	165	233	606	93	165	91	238	413	2,11	74
XI/1-3	1,0	790	829	4,9	500	103	103	88	534	35	103	35	209	618	7	6
XI/4-6			1033	30,8	3980	129	128	109	668	44	128	43	261	524	5,06	42
XI/7-9			1100	39,3	5390	137	137	116	710	47	137	46	278	492	4,59	44
XII/1-3	0,71	930	931	0,1	200	188	133	160	450	64	133	63	177	563	3,7	16
XII/4-6			1442	55,1	16030	291	207	248	696	99	207	97	273	324	1,82	160
XII/7-9			1356	46	12600	274	194	233	656	93	194	91	257	365	2,04	111
XIII/1-3	0,74	870	902	3,6	370	104	79	215	504	35	79	81	197	608	5,95	3
XIII/4-6			1100	26,4	3440	130	96	262	612	44	96	99	240	521	4,74	23
XIII/7-9			1202	38,1	6460	143	104	285	668	49	104	107	262	478	4,06	38
XIV/1-3	0,55	1000	1046	4,6	850	184	104	372	386	63	104	140	151	542	3,51	6
XIV/4-6			1417	41,7	10400	250	137	504	524	85	137	190	206	382	2,07	79
XIV/7-9			1514	51,4	13620	266	147	536	562	91	147	202	221	339	1,83	1229
XV/1-3	0,80	890	962	8,1	910	113	90	225	534	38	90	85	210	577	5,9	10
XV/4-6			1216	36,8	5240	142	114	286	674	48	114	108	265	465	4,08	56
XV/7-9			1286	44,6	6700	150	121	301	714	51	121	114	280	434	3,7	68
XVI/1-3	0,60	1060	1087	2,6	490	190	113	380	404	65	113	143	159	520	3,33	15
XVI/4-6			1589	50	13900	278	167	556	588	95	167	210	231	297	1,67	194
XVI/7-9			1594	50,3	14000	279	168	537	590	95	168	210	232	295	1,66	167
XVII/1-3	0,63	865	888	2,7	340	126	80	188	494	43	80	71	194	612	5,5	3
XVII/4-6			1104	27,6	4340	157	99	234	614	53	99	88	241	519	3,94	29
XVII/7-9			1187	37,2	6290	169	107	251	660	57	107	95	259	482	3,48	41
XVIII/1-3	0,46	1020	1042	2,1	470	222	102	330	88	79	102	125	152	542	2,9	7
XVIII/4-6			1531	50,2	16280	324	150	487	570	110	150	184	224	332	1,48	117
XVIII/7-9			1537	50,7	16480	325	151	489	572	110	151	185	225	329	1,47	141
XIX/1-3	0,725	870	912	4,8	610	126	91	189	506	43	91	71	198	597	5,46	6
XIX/4-6			1175	35,1	5690	162	119	244	650	55	119	92	255	479	3,69	53
XIX/7-9			1242	42,8	7360	172	124	258	688	58	124	97	270	451	3,34	65
XX/1-3	0,52	1065	1080	1,4	310	224	116	340	400	76	116	128	157	523	2,85	18
XX/3-6			1606	50,8	16930	332	174	506	594	113	174	191	233	289	1,39	205
XX/7-9			1619	52	17420	333	175	511	600	113	175	193	236	283	1,38	198
XXI/1-3	0,46	830	900	8,4	1350	161	74	161	504	55	74	61	198	612	4,26	2
XXI/4-6			1150	38,5	7900	205	96	205	644	70	96	77	253	504	2,93	30
XXI/7-9			1204	45	9690	215	100	215	674	73	100	81	265	481	2,7	39
XXII/1-3	0,34	930	975	4,9	1270	261	89	261	364	89	89	98	143	581	2,56	4
XXII/4-6			1335	43,6	15600	358	123	358	496	122	123	135	195	425	1,53	64
XXII/7-9			1466	57,7	22700	393	136	393	544	134	136	148	214	368	1,28	117
XXIII/1-3	0,576	870	900	3,5	550	156	90	156	498	53	90	59	196	602	4,44	5
XXIII/4-6			1150	32,2	6440	200	115	200	634	68	115	75	249	493	3,04	42
XXIII/7-9			1237	42,2	9040	214	124	214	686	73	124	81	270	452	2,69	59
XXIV/1-3	0,431	920	964	4,8	1210	251	108	251	354	85	108	95	139	573	2,72	6
XXIV/4-6			1390	51	18400	361	156	361	512	123	156	136	201	384	1,49	85
XXIV/7-9			1502	63,2	24600	390	168	390	552	133	168	147	217	335	1,29	133

20. táblázat: Habsalakbetonok adatai

Jelmagyarázatot lásd a 19. táblázatnál

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
SSI/1-3	0,875	1145	1171	2,2	310	137	121	273	640	47	121	97	228	507	4,58	4
SSI/4-6			1491	30,3	5330	176	154	345	816	60	154	123	292	371	2,98	24
SSI/7-9			1610	40,6	7630	188	163	375	884	64	163	134	316	323	2,59	38
SSII/1-3	0,652	1225	1242	1,5	320	216	141	431	454	74	141	154	162	469	2,83	3
SSII/4-6			1646	34,3	9800	286	186	572	602	97	186	206	217	294	1,68	62
SSII/7-9			1772	44,5	13660	307	200	614	650	104	200	219	232	245	1,45	95
SSIII/1-3	1,056	1075	1140	6	760	87	120	173	760	0	120	62	272	516	7,33	2
SSIII/4-6			1369	27,2	4130	104	146	207	912	35	146	74	326	419	5,43	9
SSIII/7-9			1504	40,1	6660	107	160	227	1010	36	160	81	361	362	4,88	15
SSIV/1-3	0,82	1305	1344	2,9	650	225	185	450	494	77	185	161	176	401	2,6	17
SSIV/4-6			1762	34,9	10320	296	233	585	648	101	233	208	231	227	1,56	70
SSIV/7-9			1863	42,6	13320	313	254	618	678	107	254	221	242	176	1,37	98
SSV/1-3	0,70	1180	1253	6,1	1140	187	131	244	690	64	131	87	246	472	3,22	10
SSV/4-6			1527	29,4	6760	230	160	297	840	78	160	106	300	356	2,24	39
SSV/7-9			1679	42,3	10660	252	176	327	924	86	176	117	330	291	1,85	66
SSVI/1-3	0,515	1290	1329	3	910	204	155	386	484	103	155	138	172	432	1,93	18
SSVI/4-6			1820	41,1	16750	408	213	530	666	139	213	189	238	221	1,06	127
SSVI/7-9			1925	49,2	21300	434	225	562	704	148	225	201	251	175	0,92	163
SSVII/1-3	0,835	1225	1298	6	1060	188	156	244	710	64	156	87	254	439	3,16	15
SSVII/4-6			1587	29,6	6480	229	192	298	868	78	192	106	310	414	2,65	40
SSVII/7-9			1737	41,8	10500	251	210	326	950	86	210	117	339	248	1,83	61
SSVIII/1-3	0,62	1425	1465	2,8	900	320	198	415	532	109	198	148	190	355	1,73	33
SSVIII/4-6			2014	41,3	18300	438	274	570	732	149	274	204	262	111	0,88	246
SSVIII/7-9			2006	40,8	17800	437	272	567	730	149	272	203	261	225	0,88	219
SSIX/1-3	0,51	1280	1298	1,4	390	276	140	166	716	94	140	59	256	451	2,14	21
SSIX/4-6			1644	28,4	9930	350	180	210	904	119	180	75	322	304	1,38	77
SSIX/7-9			1775	38,7	14600	377	194	226	978	128	194	81	349	248	1,17	115
SSX/1-3	0,385	1380	1394	0,1	50	446	171	267	510	152	171	95	182	400	1,28	29
SSX/4-6			2129	54,2	36900	680	262	409	778	231	262	146	278	83	0,51	453
SSX/7-9			2140	55,1	37600	682	263	411	784	252	263	147	280	78	0,5	483
SSXI/1-3	0,58	1325	1358	2,5	720	286	168	168	740	97	168	60	264	411	2,02	25
SSXI/4-6			1737	31,1	11300	364	210	215	948	124	210	77	338	251	1,27	91
SSXI/7-9			1841	38,2	14700	385	223	229	1004	131	223	82	359	205	1,11	130
SSXII/1-3	0,43	1455	1462	0,1	50	458	197	275	532	155	197	98	190	360	1,23	37
SSXII/4-6			2117	45,5	30000	660	285	400	772	224	285	143	276	72	0,54	458
SSXII/7-9			2119	45,6	30200	661	285	401	772	225	285	143	276	71	0,54	420
SHI/1-3	0,813	1250	1311	5,3	820	155	126	310	720	53	126	117	257	447	3,69	9
SHI/4-6			1644	22,3	6850	194	158	388	904	66	158	146	323	307	2,38	45
SHI/7-9			1787	43,8	9280	212	172	421	980	72	172	159	350	247	1,98	74
SHII/1-3	0,58	1430	1437	0,5	130	256	147	510	524	87	147	192	187	387	2,08	22
SHII/4-6			2071	44,8	16300	364	212	735	760	124	212	277	271	116	0,9	226
SHII/7-9			2078	45,3	1660	366	213	737	762	125	213	278	272	112	0,89	232
SHIII/1-3	0,905	1265	1360	7,5	1180	158	143	217	742	54	143	119	255	429	3,62	10
SHIII/4-6			1721	35,8	7160	200	181	400	940	68	181	151	336	264	2,22	50
SHIII/7-9			1800	42,3	8900	210	190	420	980	72	190	158	350	230	2	70
SHIV/1-3	0,63	1510	1519	0,6	160	267	168	534	550	91	168	201	196	344	1,92	28
SHIV/4-6			2060	36,5	13300	365	229	722	774	124	229	273	266	108	0,92	25
SHIV/7-9			2081	37,8	13880	367	230	730	754	125	230	275	269	101	0,9	200
SHV/1-3	0,67	1275	1323	3,7	230	189	128	280	726	64	127	106	260	442	3,02	12
SHV/4-6			1679	31,6	7590	240	160	356	924	82	160	134	330	294	1,89	66
SHV/7-9			1798	41	10500	256	170	380	992	87	170	143	354	246	1,63	94S
SHVI/1-3	0,48	1400	1415	1	300	303	146	450	520	103	146	170	186	395	1,78	20
SHVI/4-6			2120	51,4	23400	455	218	675	780	155	218	255	278	94	0,69	367
SHVI/7-9			2118	51,3	23100	454	218	674	780	155	218	255	278	94	0,69	312
SHVII/1-3	0,78	1315	1392	6	1160	194	150	290	760	66	150	109	272	403	2,85	17
SHVII/4-6			1742	32,4	7800	241	188	363	950	82	188	137	338	255	1,84	70
SHVII/7-9			1844	40,2	10350	257	200	387	1000	88	200	146	358	208	1,59	94
SHVIII/1-3	0,55	1590	1600	0,6	200	334	186	500	580	114	186	189	207	304	1,47	45
SHVIII/4-6			2100	32,1	14100	440	244	654	762	150	244	247	272	87	0,75	304
SHVIII/7-9			2122	33,4	14900	445	246	661	770	151	246	250	275	78	0,73	319
SHIX/1-3	0,53	1260	1298	3	700	230	122	230	716	78	122	87	256	457	2,51	14
SHIX/4-6			1702	35,1	10700	304	160	304	934	103	160	113	333	291	1,48	104
SHIX/7-9			1831	44,5	14450	325	171	325	1000	111	171	122	358	238	1,26	136
SHX/1-3	0,36	1305	1342	2,8	1000	260	128	360	494	126	128	135	158	453	1,62	18
SHX/4-6			2135	63,3	36200	572	205	572	786	195	205	215	280	105	0,54	397
SHX/7-9			2129	62,8	35800	570	205	570	784	194	205	214	279	108	0,55	397

20. táblázat folytatása

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
SHXI/1-3	0,635	1340	1369	2,3	550	237	151	237	744	91	151	89	266	403	2,34	21
SHXI/4-6			1775	32,5	9960	307	195	307	966	104	195	115	346	240	1,42	111
SHXI/7-9			1852	38,3	12300	321	204	321	1006	109	204	121	358	208	1,28	140
SHXII/1-3	0,46	1500	1535	2,3	800	398	181	398	558	136	181	150	199	334	1,29	45
SHXII/4-6			2123	41,6	22900	550	253	550	770	187	253	207	275	78	0,60	397
SHXII/7-9			2169	44,6	25100	563	259	563	784	191	259	212	280	58	0,56	380

21. táblázat: Tufabetonok adatai

Jelmagyarázat, mint a 19. táblázatnál

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
T I/1-3	1,62	900	929	3,3	330	100	161	200	468	34	161	89	208	508	6,69	0
T I/4-6			1233	37	4790	132	215	265	621	45	215	118	276	346	4,25	8
T I/7-9			1612	79	13680	173	280	346	813	59	280	153	361	147	2,47	52
T II/1-3	1,47	1060	1119	5,9	1020	172	254	342	351	58	254	152	156	380	3,78	6
T II/4-6			1721	62,5	16500	265	388	528	540	90	388	234	240	48	1,65	75
T II/7-9			1731	63,5	16900	266	391	531	543	90	391	236	241	42	1,63	69
T III/1-3	1,15	915	981	7,2	1140	159	181	320	321	54	181	142	147	476	4,14	1
T III/4-6			1319	44,2	9460	214	246	430	429	73	246	191	190	300	2,55	18
T III/7-9			1736	89,7	25150	280	324	562	570	95	324	249	254	78	1,44	117
T IV/1-3	2,32	1030	1064	3,3	340	104	246	219	495	35	246	97	220	402	6,22	4
T IV/4-6			1727	67,6	11800	174	400	355	798	59	400	158	354	29	2,46	60
T IV/7-9			1735	68,5	12600	175	403	356	801	60	403	158	355	24	2,45	64
T V/1-3	1,4	940	973	3,4	430	127	176	190	480	43	176	85	213	483	5,18	1
T V/4-6			1294	37,7	6330	168	235	252	639	57	235	112	284	312	3,26	13
T V/7-9			1631	73,5	15580	212	297	318	804	72	297	141	357	133	2,03	68
T VI/1-3	0,94	940	1000	6,3	1230	195	183	292	330	66	183	130	147	474	3,38	2
T VI/4-6			1444	53,7	15120	282	264	421	477	96	264	187	212	241	1,79	43
T VI/7-9			1789	90,5	31500	348	328	525	588	118	328	233	261	60	1,12	143
T VII/1-3	1,82	1135	1152	1,5	220	143	200	215	534	49	260	95	237	359	4,32	6
T VII/4-6			1743	53,5	11530	216	395	325	807	74	395	144	359	28	1,96	60
T VII/7-9			1731	52,6	11310	215	393	322	801	73	393	143	356	35	1,99	64
T VIII/1-3	1,22	1090	1208	10,8	2420	224	275	340	369	76	275	151	164	334	2,72	11
T VIII/4-6			1733	59	15170	325	395	485	528	110	395	216	234	45	1,36	103
T VIII/7-9			1746	60,2	19620	326	396	490	534	111	396	218	237	38	1,33	107
T IX/1-3	0,99	950	1004	6	1100	184	182	146	492	63	182	65	218	472	3,55	1
T IX/4-6			1317	38,5	9270	241	239	192	645	82	239	86	286	307	1,71	19
T IX/7-9			1700	78,9	24400	310	306	247	837	105	306	110	373	106	1,33	120
T X/1-3	0,67	1010	1046	3,6	1030	285	190	229	342	97	190	102	153	458	2,27	2
T X/4-6			1400	38,4	14620	381	255	305	459	130	255	134	204	277	1,4	36
T X/7-9			1848	82,8	41800	505	338	402	603	172	338	178	268	44	0,76	235
T XI/1-3	1,27	1175	1181	0,5	100	206	263	166	544	70	263	74	242	351	2,98	11
T XI/4-6			1769	50,5	15600	310	395	248	816	105	395	110	363	27	1,36	104
T XI/7-9			1781	51,6	16100	312	397	250	822	106	397	111	366	20	1,34	108
T XII/1-3	0,83	1165	1214	4,2	1340	320	267	255	372	109	267	113	165	346	1,92	14
T XII/4-6			1783	53	24900	470	392	375	546	160	392	167	242	39	0,92	164
T XII/7-9			1808	55,3	26400	478	396	382	552	162	396	170	245	27	0,89	168
T XIII/1-3	1,31	1150	1160	0,8	110	137	179	274	570	46	179	103	254	418	4,36	3
T XIII/4-6			1570	36,5	6790	186	243	370	771	63	243	139	343	212	2,44	36
T XIII/7-9			1808	57,2	12230	214	280	426	888	73	280	161	395	91	1,73	128
T XIV/1-3	0,79	1285	1290	0,4	100	230	182	458	420	78	182	173	187	480	2,88	9
T XIV/4-6			1970	53,4	18500	347	280	698	645	118	280	263	287	52	0,96	247
T XIV/7-9			2020	57,2	20300	355	285	720	660	121	285	272	294	30	0,89	289
T XV/1-3	1,6	1330	1333	0,2	30	156	249	313	615	53	249	118	273	307	3,55	15
T XV/4-6			1907	43,4	9700	223	356	446	882	76	356	169	392	77	1,94	85
T XV/7-9			1920	44,3	10000	225	357	450	888	77	357	170	395	1	1,6	90
T XVI/1-3	0,95	1520	1535	1	270	270	256	535	474	92	256	202	211	239	1,83	36
T XVI/4-6			1993	31,1	10900	350	334	694	615	119	334	262	274	11	0,99	172
T XVI/7-9			1993	31,1	10900	350	334	694	615	119	334	262	274	11	0,99	186
TXVII/1-3	1,09	1120	1142	1,9	310	162	176	240	564	55	176	91	251	427	3,72	3
T XVII/4-6			1569	40,1	9000	224	242	332	771	76	242	125	344	313	2,03	52
T XVII/7-9			1812	61,9	15800	256	279	386	891	87	279	146	396	92	1,45	147
TXVIII/1-3	0,67	1230	1241	0,8	210	263	174	396	408	90	174	150	182	404	2,2	6
TXVIII/4-6			2004	63	26800	425	283	636	660	145	283	240	294	38	0,83	302
TXVIII/7-9			2062	87,6	37800	431	290	660	681	147	290	249	303	11	0,7	325
T XIX/1-3	1,38	1420	1423	0,2	40	198	274	300	651	67	274	113	290	256	2,68	24
T XIX/4-6			1960	34,2	9070	265	365	400	876	90	365	151	390	4	1,39	106
T XIX/7-9			1922	35,5	9500	267	370	403	882	91	370	152	392	0	1,38	112

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
T XX/1-3	0,81	1620	1637	0,4	130	342	277	510	498	116	277	192	222	173	1,32	58
T XX/4-6			2008	24	10100	420	343	630	615	143	343	238	274	2	0,9	199
T XX/7-9			2012	24,2	10200	421	343	633	615	143	343	239	274	1	0,9	199
T XXI/1-3	0,87	1145	1157	1,3	270	204	176	204	573	69	176	77	255	423	2093	2
T XXI/4-6			1495	37	9700	263	228	263	741	69	228	99	330	254	1,83	47
T XXI/7-9			1737	51,7	15800	306	267	306	858	104	267	116	381	122	1,27	128
TXXII/1-3	0,515	1190	1262	6	2020	336	173	336	447	114	173	127	199	387	1,67	7
TXXII/4-6			1817	52,5	25400	484	249	484	600	165	249	182	267	137	0,8	181
TXXII/7-9			1980	66,4	35100	529	274	529	648	180	274	200	288	58	0,63	344
TXXIII/1-3	1,12	1420	1425	0,3	80	245	274	245	669	83	275	93	297	252	2,15	32
TXXIII/4-6			1921	35,3	11650	330	373	330	888	112	373	124	395	0	1,13	142
TXXIII/7-9			1915	34,9	11400	328	371	328	888	112	371	124	395	0	1,13	159
TXXIV/1-3	0,67	1720	1729	0,5	230	450	301	450	528	153	301	170	235	141	0,98	121
TXXIV/4-6			2012	17,4	9100	523	351	523	615	178	351	197	274	0	0,67	287
TXXIV/7-9			2003	16,5	8600	520	351	520	612	177	351	196	273	1	0,68	2836

22. táblázat: Kazánsalakbetonok adatai

Jelmagyarázat, mint a 19. táblázatnál

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
M I/1-3	0,908	1010	1077	6,6	790	119	109	249	60	41	109	101	244	505	5,15	2
M I/4-6			1376	36,3	5530	152	140	318	766	52	140	129	312	367	3,34	28
M I/7-9			1382	36,9	5650	153	140	321	768	52	140	130	312	365	3,31	16
M II/1-3	0,64	980	1031	5,2	950	183	114	358	376	62	114	146	153	525	3,49	2
M II/4-6			1460	49,1	12780	260	160	508	532	89	160	206	216	329	1,88	29
M II/7-9			1469	44,7	11300	253	156	494	516	86	156	201	210	347	1,99	24
M III/1-3	1,22	1175	1246	6	820	136	166	270	674	46	166	110	274	404	4,2	15
M III/4-6			1748	48,7	9250	190	232	276	950	65	232	153	387	163	2,08	133
M III/7-9			1643	40,2	7240	180	219	354	890	61	219	144	362	214	2,41	91
M IV/1-3	0,964	1250	1264	1,2	250	203	198	407	456	69	198	166	186	381	2,85	16
M IV/4-6			1787	43	12300	286	278	575	648	97	278	234	264	127	1,42	175
M IV/7-9			1831	46,5	13670	294	285	590	662	100	265	240	273	102	1,32	199
M V/1-3	0,712	1025	1060	3,4	500	146	104	250	560	50	104	102	228	516	4,26	2
M V/4-6			1404	37	7180	194	138	332	740	66	138	135	301	360	2,57	29
M V/7-9			1366	33,4	6280	188	136	322	720	64	136	131	293	376	2,46	18
M VI/1-3	0,715	1035	1064	2,8	430	155	110	214	590	53	110	87	240	510	4	26
M VI/4-6			1433	38,5	7980	207	148	286	792	70	148	116	322	344	2,38	42
M VI/7-9			1446	39,6	8300	210	150	290	796	71	150	118	324	337	2,32	39
M VII/1-3	0,968	1145	1179	3	480	160	155	224	640	55	155	91	261	438	3,7	10
M VII/4-6			1623	41,8	9280	222	214	305	882	76	214	124	359	227	1,99	94
M VII/7-9			1554	35,8	7600	212	204	294	844	72	204	120	344	260	2,18	59
M VIII/1-3	0,743	1190	1231	3,4	850	250	185	350	446	85	185	142	182	406	2,37	17
M VIII/4-6			1808	52	19200	370	272	512	654	126	272	208	266	128	1.08	269
M VIII/7-9			1848	55,3	20700	375	280	523	670	127	280	212	273	108	1,03	289
M IX/1-3	0,531	1060	1085	2,4	520	218	107	154	606	74	107	63	247	509	2,82	1
M IX/4-6			1402	32,2	9020	280	144	198	780	95	144	81	318	362	1,81	27
M IX/7-9			1413	33,3	9460	284	146	199	784	97	146	81	319	357	1,77	24
M X/1-3	0,568	1180	1210	2,6	710	293	166	275	476	100	166	112	194	428	2,03	16
M X/4-6			1850	57,5	25700	447	253	420	730	152	253	171	297	127	0,85	326
M X/7-9			1871	58,6	26500	451	256	426	738	154	256	173	300	117	0,83	356
M XI/1-3	0,666	1240	1257	1,4	280	242	161	170	684	83	161	69	278	409	2,35	22
M XI/4-6			1877	51,4	18500	360	240	255	1022	122	240	104	416	118	1	310
M XI/7-9			1847	48,9	17300	355	236	252	1004	121	236	103	410	130	1,03	309
M XII/1-3	0,502	1230	127	3,2	1170	365	184	257	464	124	184	105	189	398	1,6	28
M XII/4-6			1900	54,4	29800	548	274	386	692	186	274	157	282	101	0,69	402
M XII/7-9			1925	56,5	31200	552	275	390	708	188	275	159	288	90	0,66	431
MH I/1-3	0,866	1185	1196	0,8	110	141	122	283	650	48	122	107	264	459	4,12	6
MH I/4-6			1568	32,3	6010	186	160	370	852	63	160	140	347	290	2,42	57
MH I/7-9			1551	30,7	5620	183	158	366	844	62	158	138	343	299	2,5	48
MH II/1-3	0,602	1335	1365	2,2	530	241	141	487	496	82	141	184	202	391	2,21	21
MH II/4-6			1955	46,5	16050	345	202	694	714	117	202	262	290	129	0,96	287
MH II/7-9			1923	44	14930	340	198	685	700	116	198	259	285	142	1	228
MH III/1-3	0,93	1240	1273	2,6	500	148	132	299	694	50	132	113	282	423	3,75	13
MH III/4-6			1679	35,4	6900	195	175	393	916	61	175	148	372	244	2,15	82
MH III/7-9			1642	32,4	6200	191	171	380	900	65	171	144	366	254	2,23	71
MH IIV/1-3	0,631	1360	1381	1,5	360	244	152	483	502	83	152	182	204	379	2,18	22
MH IV/4-6			1955	43,8	15100	344	215	684	712	117	215	258	290	120	0,97	271
MH IV/7-9			1933	42,1	14300	340	212	677	704	116	212	256	286	130	1,01	260

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
MH V/1-3	0,694	1150	1164	1,2	200	164	114	246	640	56	114	93	260	477	3,6	9
MH V/4-6			1545	34,4	7500	218	150	327	850	74	150	123	345	308	2,1	71
MH V/7-9			1568	36,4	8000	220	154	332	862	75	154	125	351	295	2,04	69
MH VI/1-3	0,5	1350	1363	1	300	288	141	434	500	98	141	164	203	394	1,86	24
MH VI/4-6			1983	46,9	19700	42	209	630	724	143	209	238	294	116	0,85	378
MH VI/7-9			2028	50,2	21400	426	213	645	744	145	213	243	302	97	0,73	413
MHVII/1-3	0,77	1275	1342	5,3	990	187	144	281	730	64	144	106	297	389	2,85	24
MHVII/4-6			1775	37,6	9020	246	190	373	966	84	190	141	393	192	1,55	152
MHVII/7-9			1710	34,2	8100	237	183	360	930	81	183	136	378	222	1,71	120
MHVIII/1-3	0,512	1360	1373	1	300	290	148	431	504	99	148	163	205	385	1,84	28
MHVIII/4-6			1992	46,5	19600	421	215	628	728	143	215	237	296	109	0,77	399
MHVIII/7-9			2004	47,3	20000	422	216	632	734	143	216	238	298	105	0,76	427
MH IX/1-3	0,581	1215	1250	2,9	600	218	128	218	686	74	128	82	279	437	2,3	15
MH IX/4-6			1662	36,8	10670	290	168	290	914	99	168	110	372	251	1,45	127
MH IX/7-9			1669	37,3	10830	291	169	291	918	99	169	110	373	249	1,44	129
MH X/1-3	0,424	1320	1333	1	350	347	147	347	492	118	147	131	200	404	1,59	24
MH X/4-6			2023	53,2	18400	529	224	529	740	180	224	200	300	96	0,61	488
MH X/7-9			2035	54,2	27800	531	223	531	750	181	223	201	305	90	0,59	526
MH XI/1-3	0,629	1190	1227	3,1	640	212	133	212	670	72	133	80	273	442	2,72	15
MH XI/4-6			1655	29,9	11400	286	179	286	904	97	179	108	368	248	1,49	132
MH XI/7-9			1723	44,9	13350	298	187	298	940	101	187	112	382	218	1,36	172
MH XII/1-3	0,457	1390	1421	2,2	820	368	167	368	518	125	167	139	210	355	1,42	36
MH XII/4-6			2013	44,8	23400	522	239	522	730	178	239	197	297	89	0,63	444
MH XII/7-9			2052	47,7	25400	532	242	532	746	181	242	201	303	73	0,59	477

23. táblázat: Téglazúzalékos betonok adatai (ÉKME vizsgálata)

Jelmagyarázat:

1. A beton jele
2. Készítési térfogatsúly, kg/m^3
3. Cementtartalom, kg/m^3
4. 0-1 mm-es homoktartalom, kg/m^3
5. 1-15 mm-es adalékanyag tartalom, kg/m^3
6. Víztartalom, liter/m^3
7. Víz/cement tényező
8. Cement tömör térfogata, liter/m^3
9. 0-1 mm-es homok tömör térfogata, liter/m^3
10. 1-15 mm-es adalékanyag tömör térfogata, liter/m^3
11. Víz tömör térfogata, liter/m^3
12. Összes tömör térfogat, liter/m^3
13. Friss beton pórustartalma, liter/m^3
14. Víz+levegő/cement tényező
15. Kiszárított beton térfogatsúlya, kg/m^3
16. Kiszárított beton pórustartalma, liter/m^3
17. Nyomószilárdság, kp/cm^2

1	*2*	*33*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
TA 14	1545	202	404	650	238	1,17	67	153	250	238	708	292	2,62	1337	500	25
TA 24	1900	249	498	795	292		83	188	305	292	868	132	1,7	1745	387	135
TA 34	2054	268	536	860	314		89	201	350	314	934	66	1,42	1780	340	243
TA 16	1760	332	664	515	247	0,74	110	250	198	247	805	195	1,17	1529	426	70
TA 26	2009	379	758	587	281		128	287	225	281	921	79	0,95	1785	303	203
TA 36	2110	400	800	617	297		133	302	238	297	970	30	0,9	1873	297	349
TB 14	1800	232	464	810	293	1,26	77	175	312	293	857	143	1,88	1542	401	50
TB 24	1975	235	510	890	321		78	193	341	321	933	67	1,65	1679	353	112
TB 34	2090	268	536	940	339		89	202	362	339	992	8	1,29	1791	307	133
TB 16	1815	344	688	533	258	0.75	115	260	203	258	836	164	1,23	1609	370	78
TB 26	2060	388	776	602	293		129	293	232	293	947	53	0,98	1825	288	267
TB 36	2160	407	814	631	306		135	308	241	306	990	10	0,77	1915	255	339
TC 14	1690	265	397	762	265	1	88	148	292	265	793	207	1,76	1445	452	57
TC 24	1880	295	442	855	295		98	166	328	295	887	113	1,28	1629	264	136
TC 34	2040	321	481	925	321		107	180	356	321	964	36	1,02	1750	326	280
TC 16	1780	404	606	520	254	0,63	135	228	200	254	817	183	1,08	1587	377	90
TC 26	2060	467	700	601	295		156	264	231	295	944	56	0,76	1835	301	288
TC 36	2160	488	732	626	307		163	276	241	307	987	13	0,63	1926	247	391

23. táblázat folytatása

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
TD 14	1750	270	405	795	282	1,04	90	152	306	272	830	170	1,67	1507	411	69
TD 24	2000	308	462	908	322		103	174	348	322	947	53	1,22	1724	329	186
TD 34	2075	320	486	942	334		108	183	362	334	987	13	1,09	1789	300	242
TD 16	1592	346	520	490	236	0,68	115	196	188	236	735	235	1,5	1408	450	36
TD 26	2040	444	666	626	303		148	251	241	303	943	57	0,81	1804	293	253
TD 36	2150	469	705	661	320		158	266	254	320	998	2	0,69	1900	252	407
TE 14	1655	326	326	750	254	0,78	108	123	288	254	773	227	1,47	1450	432	57
TE 24	1950	384	384	880	300		128	145	38	300	911	89	1,01	1706	333	217
TE 34	2075	407	407	940	319		136	154	361	319	970	30	0,85	1817	288	337
TE 16	1537	434	434	449	217	0,5	145	163	172	217	697	303	1,2	1382	456	22
TE 26	1945	551	551	569	276		184	208	218	276	886	114	0,71	1751	307	199
TE 36	2150	608	608	626	304		202	229	241	304	976	24	0,55	1937	237	452
TF 14	1893	356	356	860	323	0,91	119	134	330	323	906	94	1,17	1623	364	149
TF 24	2038	382	382	922	346		127	144	354	346	971	29	0,98	1749	387	258
TF 34	2087	392	392	945	354		130	148	362	354	994	6	0,92	1792	301	275
TF 16	1675	457	457	489	271	0,59	152	173	188	271	784	216	1,04	1473	418	58
TF 26	2080	566	566	605	335		188	212	232	335	967	33	0,65	1830	283	389
TF 36	2142	587	587	626	348		193	221	240	348	1002	2	0,59	1882	258	454

24. táblázat: Pernyekavicsbetonok adatai (ÉKME vizsgálat)

Jelmagyarázat, mint a 23. táblázathoz

1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*	*11*	*12*	*13*	*14*	*15*	*16*	*17*
PA 14	1612	238	476	660	238	1	76	179	301	238	794	206	1,87	1410	408	107
PA 24	1680	248	496	687	248		83	187	312	248	830	170	1,69	1469	381	150
PA 34	1796	266	532	735	266		89	201	333	266	889	111	1,41	1570	337	301
PA 16	1700	346	692	432	232	0,67	115	261	197	232	805	195	1,23	1520	375	98
PA 26	1890	385	770	486	257		128	290	221	257	896	104	0,94	1691	303	269
PA 36	2000	407	814	509	272		136	308	231	272	947	53	0,79	1789	264	354
PB 14	1610	236	472	655	244	1,04	79	178	295	244	796	204	1,9	1411	413	101
PB 24	1725	253	506	702	262		84	192	320	262	858	142	1,59	1501	366	163
PB 34	1825	268	536	742	277		89	201	339	277	906	94	1,38	1690	229	224
PB 16	1771	357	714	445	250	0,7	119	269	201	250	839	161	1,1	1575	357	151
PB 26	1880	380	760	474	266		129	288	216	266	899	101	0,96	1671	310	252
PB 36	1970	399	798	496	279		133	302	226	279	940	60	0,85	1751	279	274
PC 14	1420	252	378	580	211	0,84	84	142	265	211	702	298	2,02	1247	502	33
PC 24	1630	290	439	667	243		97	166	302	243	808	192	1,5	1430	392	123
PC 34	1805	321	482	738	269		107	182	336	269	894	106	1,16	1584	327	290
PC 16	1550	380	570	391	211	0,56	127	215	178	211	731	269	1,26	1396	423	43
PC 26	1860	456	684	469	253		155	258	214	253	880	120	0,82	1675	305	227
PC 36	1950	478	717	491	265		159	270	224	265	918	82	0,73	1755	277	362
PD 14	1670	293	439	677	260	0,89	94	165	309	260	828	172	1,47	1454	388	104
PD 24	1700	299	448	690	264		99	169	314	264	846	154	1,4	1481	375	193
PD 34	1830	322	483	742	295		107	182	338	295	922	78	1,16	1583	325	274
PD 16	1745	423	635	434	253	0,6	141	240	198	253	832	168	0,99	1555	358	160
PD 26	1910	462	693	474	276		154	261	217	276	908	92	0,79	1698	304	272
PD 36	1955	474	711	486	284		154	268	222	284	928	72	0,77	1742	285	343
PE 14	1430	314	314	585	218	0,7	105	118	266	218	707	293	1,63	1259	364	30
PE 24	1560	342	342	638	238		114	129	292	238	773	227	1,36	1373	414	63
PE 34	1816	397	397	743	277		132	150	338	277	897	103	0,95	1599	320	328
PE 16	1587	484	484	400	220	0,46	161	182	184	220	747	253	0,98	1440	400	47
PE 26	1866	569	569	569	259		189	214	214	259	876	124	0,65	1692	298	249
PE 36	2000	610	610	610	278		203	230	230	278	930	70	0,57	1814	256	423
PF 14	1683	363	363	677	280	0,77	121	136	309	280	846	154	1,19	1457	380	196
PF 24	1716	370	370	692	285		123	138	316	285	862	138	1,14	1487	367	223
PF 34	1837	396	396	740	306		132	148	338	306	924	76	0,96	1592	309	291
PF 16	1825	543	543	446	292	0,54	181	205	204	292	882	118	0,76	1614	329	267
PF 26	1907	566	566	465	306		189	214	211	306	920	80	0,68	1686	301	322
PF 36	1953	582	582	477	312		161	219	218	312	910	90	0,69	1728	316	354

4. A vizsgálatok eredményeinek értékelése

A vizsgálatok eredményeit a 2. fejezetben közölt csoportosítás alapján értékeljük.

4.1. Teherhordó könnyűbetonok összetételének tervezése

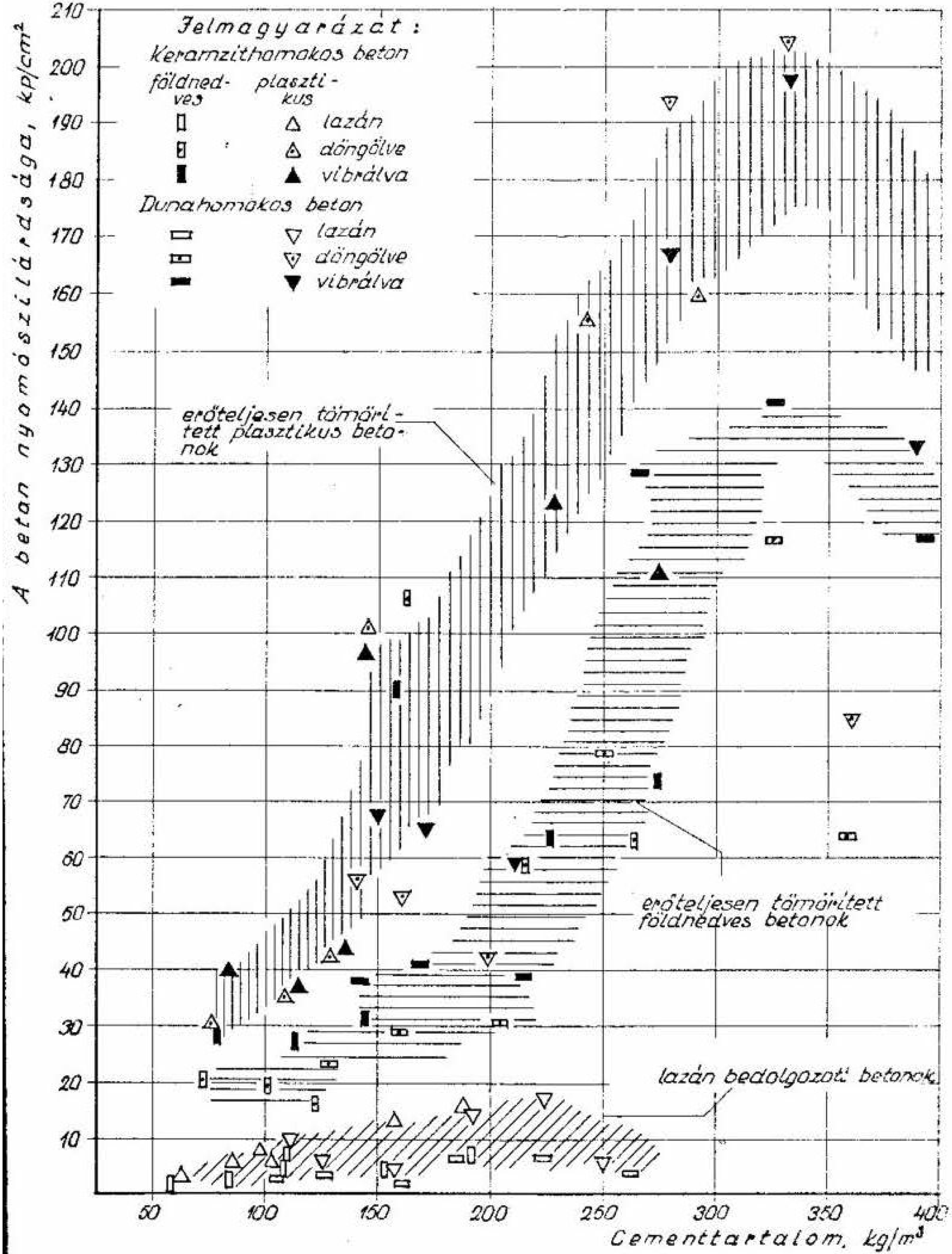
A csak nyomószilárdsági igényt kielégítő könnyűbetonok tervezésére az irodalom alapján figyelembe vehető függvénykapcsolatok a (12) – (14) szerintiek. A megadott összefüggések alkalmazhatóságának megállapítása érdekében a vizsgálati eredményeket mindhárom formulának megfelelően feldolgoztuk a 9.-24. táblázatokban közölt adatok alapján.

4.11. Cementtartalomra épített összefüggések

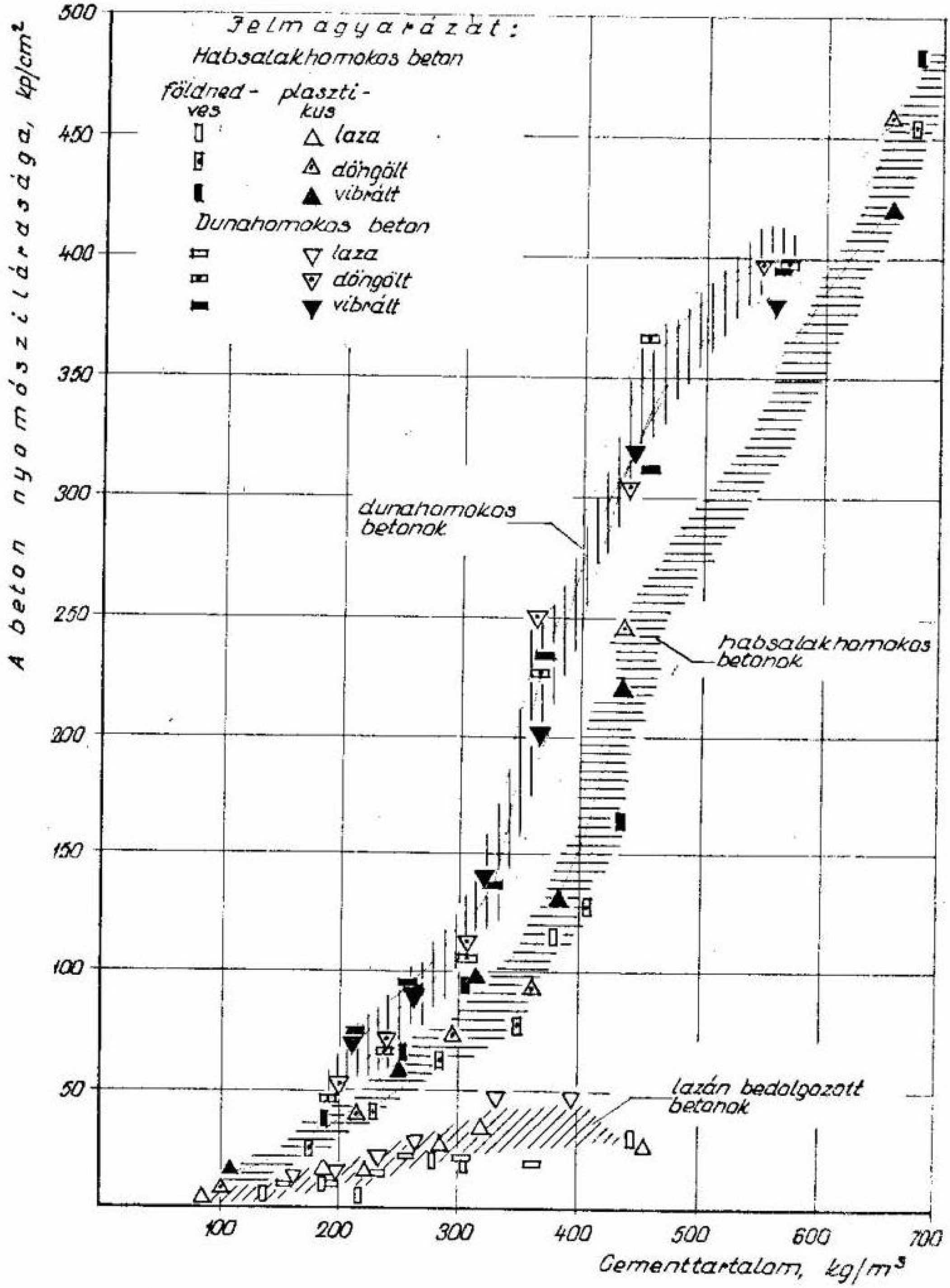
A $K_B = f\,(C,\ K_c\ ,\ \Sigma\, k)$ formulának megfelelő összefüggést, azaz a beton cementtartalmára épített korrelációkat az 1.-6. ábrákon tüntettük fel. Az ábrák áttekintése alapján a következőket lehet megállapítani:

a) A cementtartalom és a nyomószilárdság összefüggését adalékanyagonként más-más paraméterek figyelembe vételével lehet meghatározni
b) A különböző paraméterek hatása a keramzit, a habsalak, és a pernyekavics betonok esetén az eredmények szerint a cementtartalomtól független, míg a tufa, a kazánsalak és a téglazúzalék betonok esetén más az alacsonyabb és más a magasabb cementtartalmak mellett.
c) A legegyszerűbb összefüggés a habsalakbetonok cementtartalma és nyomószilárdsága között észlelhető, a 2. ábra szerint itt csak a homok fajtáját kell figyelembe venni és azt, hogy a betont erőteljesen dolgozták-e be, vagy pedig laza állapotban helyezték a zsaluzatba. A legnagyobb szilárdságot a dunahomokkal készített, erőteljesen tömörített beton adta.
d) Egyszerűnek tekinthető az összefüggés keramzitbetonok esetén is. Itt paraméterként csak a beton konzisztenciája, illetve a tömörítés erőteljessége veendő figyelembe. A legnagyobb szilárdságot a plasztikus konzisztenciájú, erőteljesen tömörített (vibrált vagy döngölt) beton szolgáltatta.
e) A dunahomokos habarccsal készített pernyekavicsbeton cementtartalmának és nyomószilárdságának az összefüggését a 6. ábra szerint a beton konzisztenciája és a tömörítés módja egyaránt befolyásolja. Legnagyobb szilárdságot a földnedves konzisztenciájú, vibrált beton adta.
f) A dunahomokos habarccsal készített téglazúzalékos beton cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése a pernyekavicsbetonhoz hasonlóképpen alakul, de amíg 400 kg/m^3 cementtartalom felett a legnagyobb szilárdság a plasztikus konzisztenciájú vibrált betonnal volt elérhető, addig 400 kg/m^3 cementtartalom alatt a földnedves konzisztenciájú vibrált beton volt a legkedvezőbb.
g) A tufa és a kazánsalak betonokat a beton konzisztenciája, a finomhomok fajtája és a tömörítés módja egyaránt befolyásolta, továbbá más eredményeket kaptunk 300 kg/m^3 cementtartalom alatt és másokat a fölött.

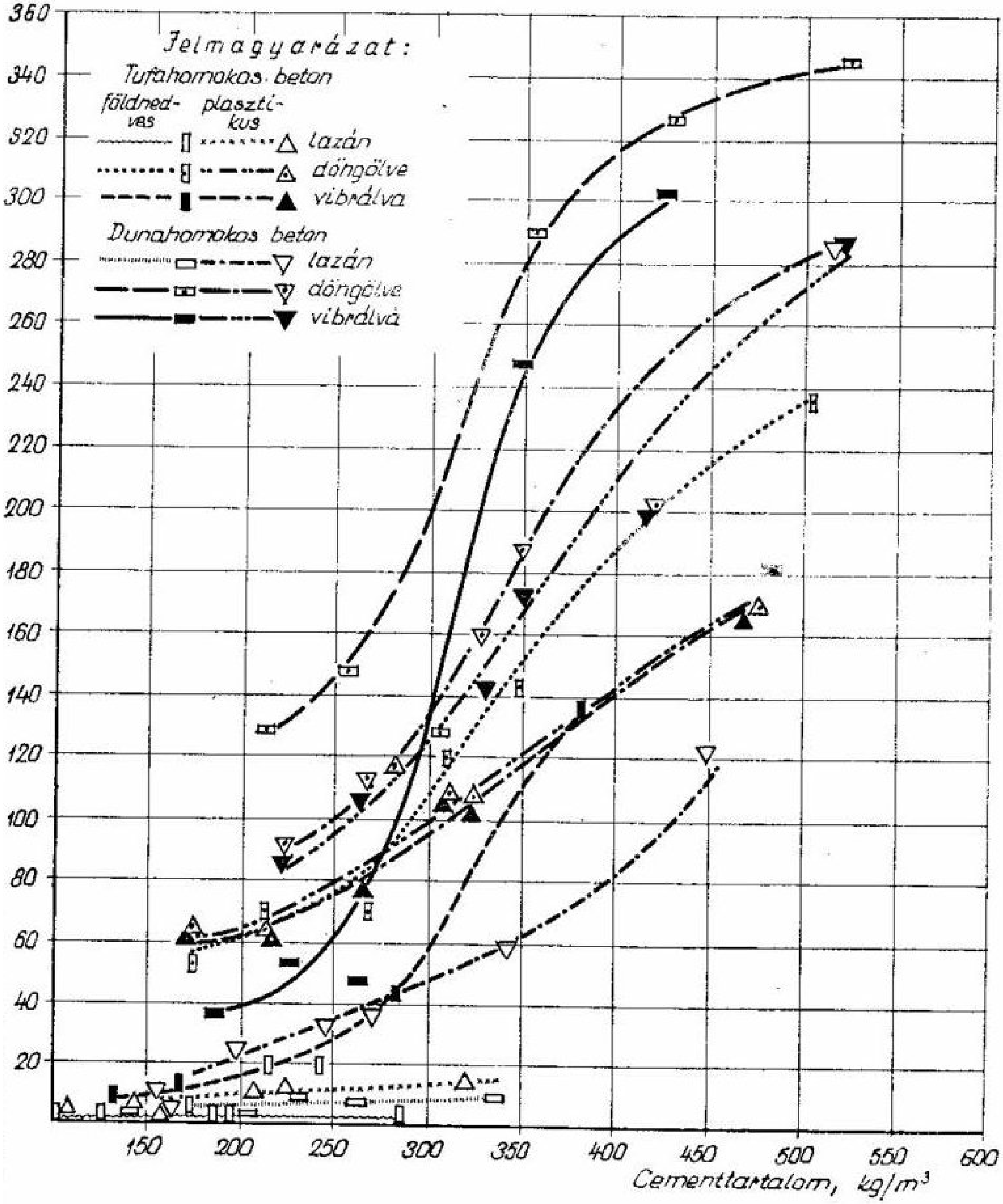
A cementtartalom hatására vonatkozó vizsgálatok eredményeit összefoglaltuk a 25. táblázatban, ahol az előbb részletezett tapasztalatokat áttekinthető formában tüntettük fel. A táblázat adatai alapján általánosságban megállapítható, hogy a dunahomokkal készített betonok általában nagyobb szilárdságot adtak, mint a könnyű adalékanyagból aprított homokkal készítettek. A tömörítő eszközök közül a legkedvezőbbnek a tűvibrátoros tömörítés bizonyult, a vibrálás asztalvibrátoron vagy az erőteljes döngölés körülbelül azonos hatékonyságúnak mutatkozott. A beton konzisztenciájára vonatkozóan nem lehet egyértelmű következtetést levonni. Mindebből viszont az következik, hogy a (9) képlet szerinti összefüggéssel egységes betonösszetétel tervezési módszer nem alakítható ki.



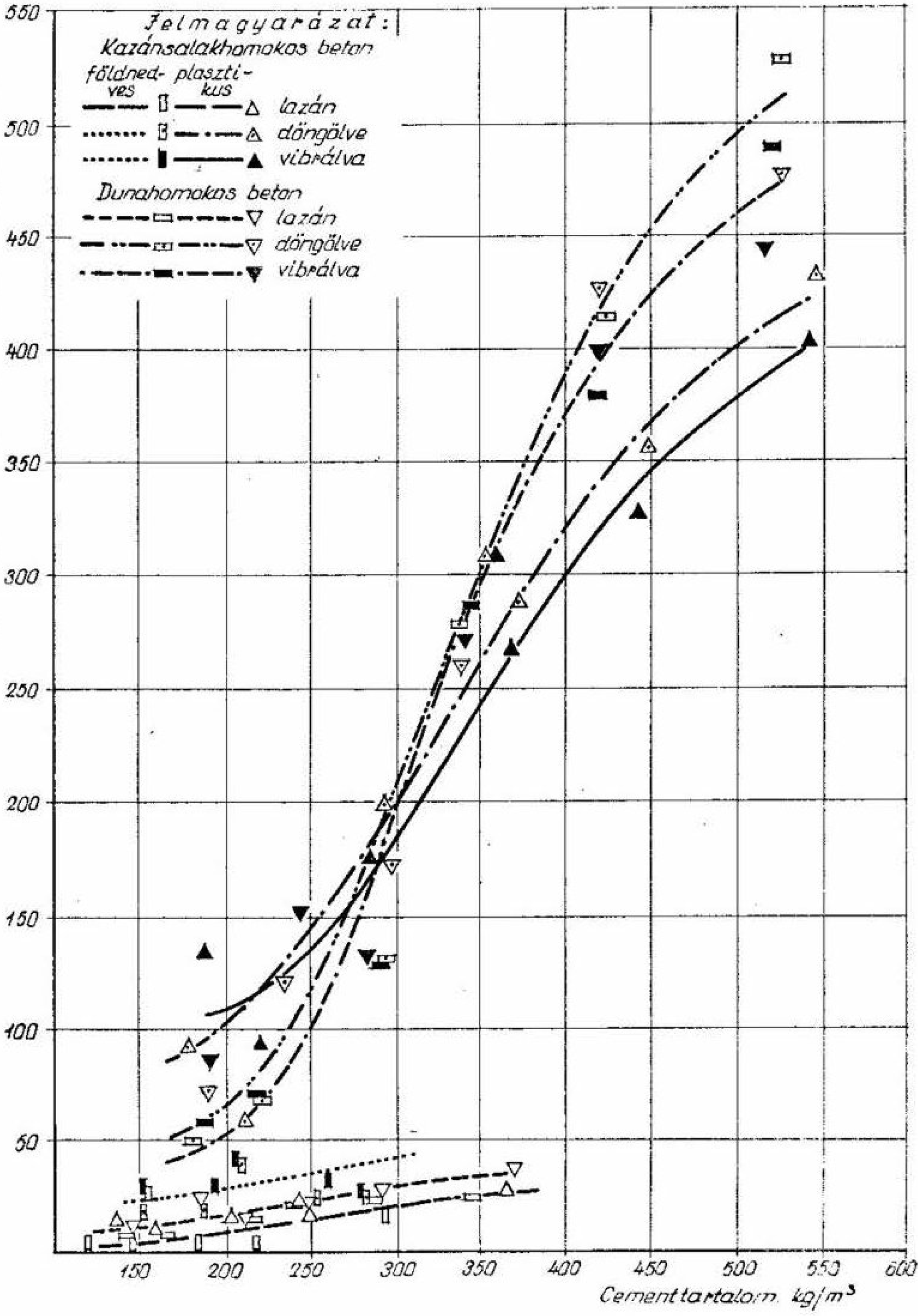
1. ábra: Keramzitbeton cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése



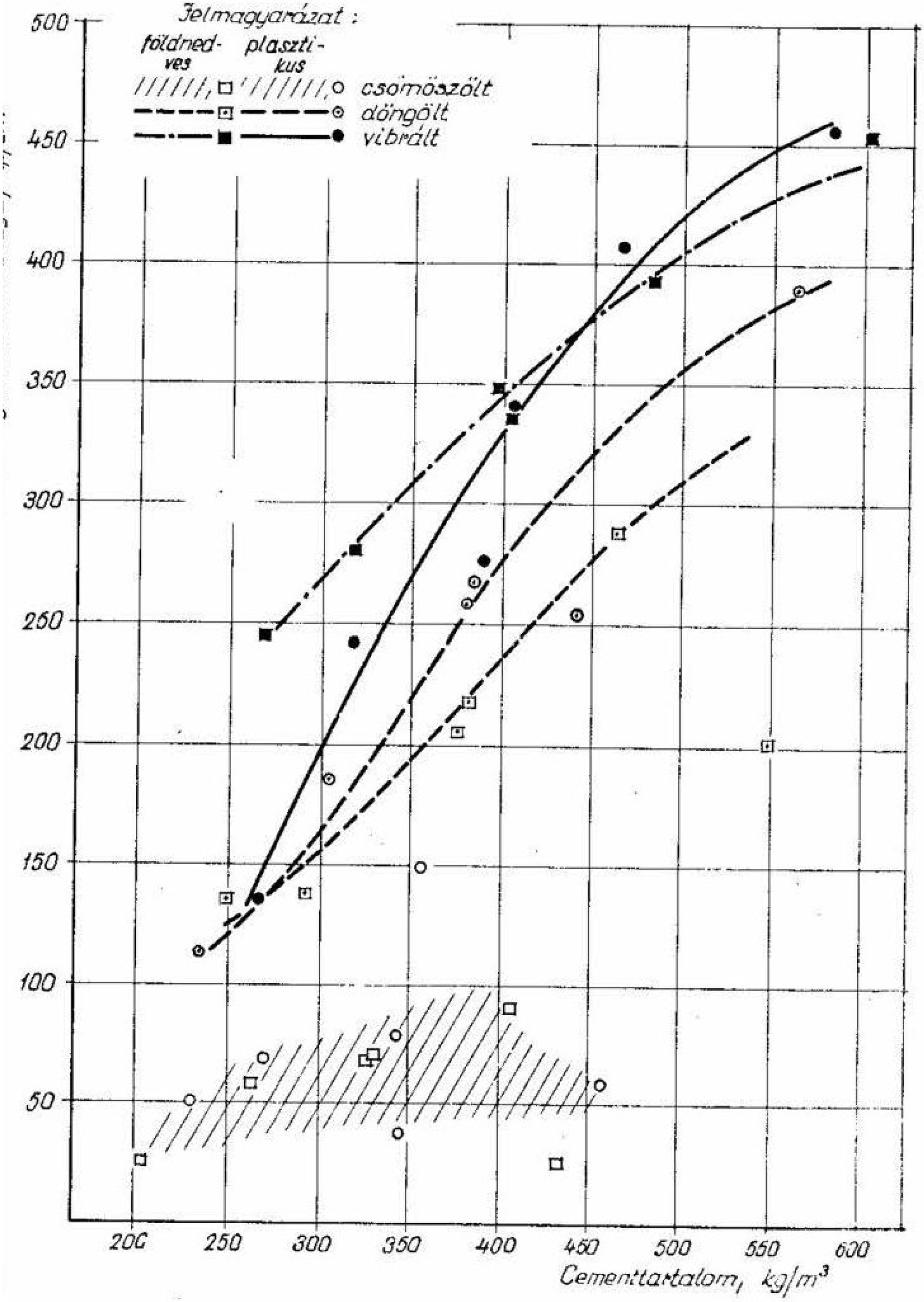
2. ábra: A habsalakbeton cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése



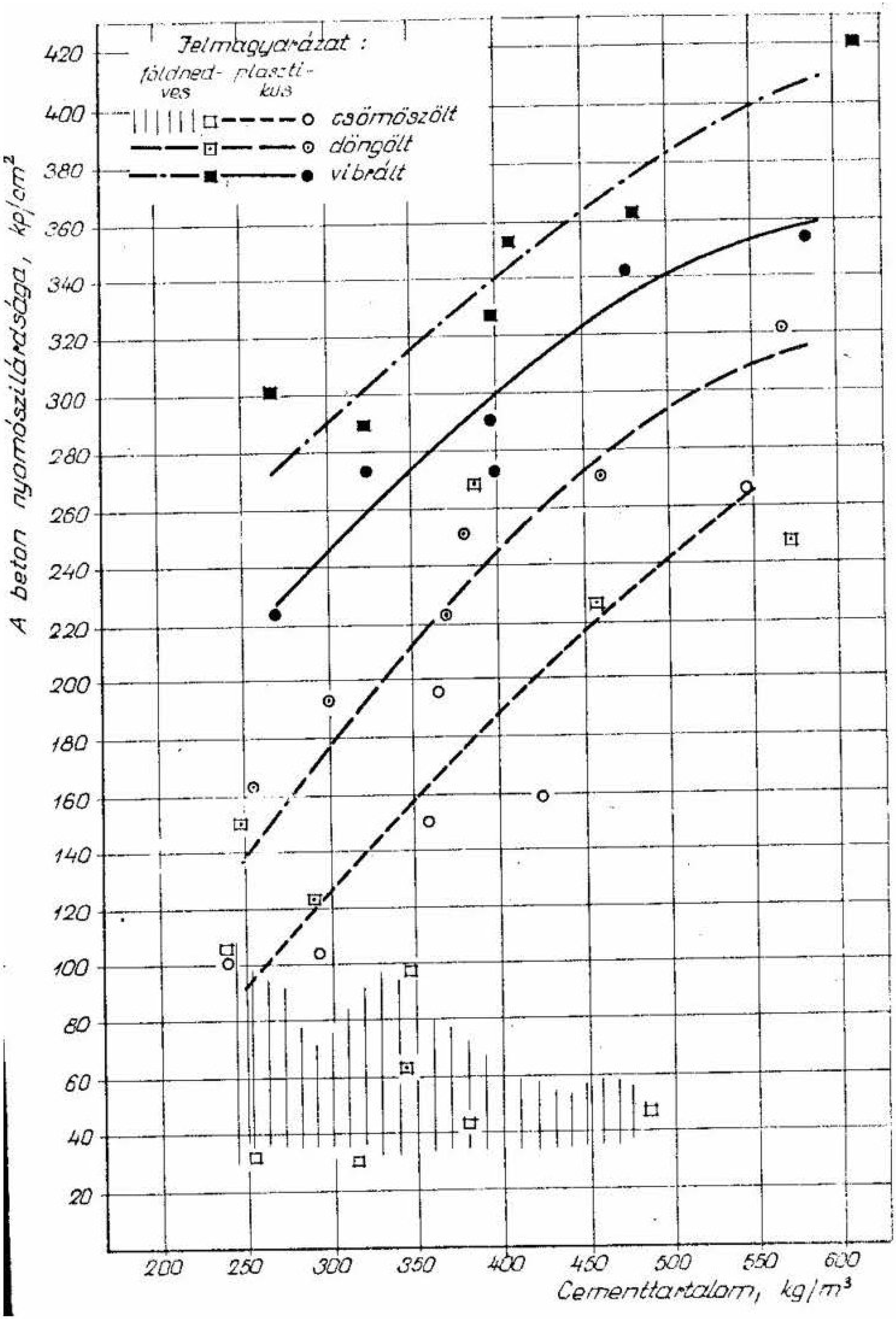
3. ábra: A tufabeton cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése



4. ábra: Kazánsalakbetonok cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése



ábra: Téglazúzalékos betonok cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése



6. ábra: Pernyekavicsbetonok cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése

25. táblázat: A cementtartalomra épített tervezési módszer lehetőségének értékelése

Adalékanyag		Megnevezés	A változók megnevezése a nyomószilárdságok csökkenő sorrendjében									
Habsalak		Finomadalékanyag Konzisztencia Tömörítés Cementtartalom	dh fn vagy pl d vagy v bármely			Hh fn vagy pl d vagy v bármely			dh vagy hh fn vagy pl lazán bármely		
Keramzit		Finomadalékanyag Konzisztencia Tömörítés Cementtartalom	dh vagy kh pl d vagy v bármely			dh vagy kh fn d vagy v bármely			dh vagy kh pl vagy fn lazán bármely		
Pernyekavics dunahomokkal		Tömörítés Konzisztencia Cementtartalom	v fn bármely			v pl bármely		d dh vagy kh bármely	cs pl bármely		cs fn bármely
Téglazúzalék dunahomokkal	C > 400	Tömörítés Konzisztencia	v pl			v fn		d pl	d fn		cs fn vagy pl
	C < 400	Tömörítés Konzisztencia	v fn			v pl		d fn vagy pl	cs fn vagy pl		
Kazánsalak	C > 300	Finomadalékanyag Tömörítés Konzisztencia	dh d fn,pl		dh v fn,pl		sh d pl	sh v pl	sh v,d fn	dh laza fn,pl		sh laza fn,pl
	C < 300	Finomadalékanyag Tömörítés Konzisztencia	sh v pl		sh d pl	dh d pl,fn		dh v pl,fn	sh d,v fn		dh l fn	sh l fn
Tufa	C > 300	Finomadalékanyag Tömörítés Konzisztencia	dh d fn	dh v fn	dh d pl	dh v pl	th d fn	th d pl	th v pl	th v fn	dh l pl	th l fn
	C < 300	Finomadalékanyag Tömörítés Konzisztencia	dh d fn	dh d pl	dh v pl	th d pl	th v pl	th d fn	dh v fn	dh l pl	th v fn	th l fn

4.12. Víz/cement tényezőre épített összefüggések

A (13) formulának megfelelő összefüggéseket kétféle módon lehet ábrázolni. Az egyik lehetőség az, amikor az adagolt teljes vízmennyiségből számítjuk ki a víz/cement tényezőt, a másik az, amikor megkíséreljük megállapítani azt, hogy mennyi víz jutott a cementre és mennyit szívott fel az adalékanyag.

A betonhoz adagolt teljes vízmennyiségből számított víz/cement tényezőnek és a nyomószilárdságnak az összefüggését a 7.-12. ábrákon tüntettük fel.

A cementre jutó tényleges vízmennyiség kiszámítási lehetőségét akkor lehet értékelni, ha a konzisztencia beállításának a módszerét ismerjük. A könnyű adalékanyag a víz hozzáadásának a pillanatától kezdve vizet vesz fel s ez a vízfelvétel órákon át folytatódhat. Annak érdekében, hogy a beton a megkívánt konzisztenciájú, azaz bedolgozható legyen, annyi vizet kell adagolni, amennyi a víz hozzáadásától a beton bedolgozásáig terjedő idő alatt egyrészt kielégíti az adalékanyagnak az eddig az időpontig fellépő vízigényét, másrészt a szükséges konzisztenciához elegendő. Kísérleteink során a betonokat a víz hozzáadásától számítva 15-30 perc időtartamok között dolgoztuk be. Ez esetben a cement súlyára számítva 0,2 súlyrész vizet adagoltunk, míg a 0-1 mm-es, illetve az 1-D_{max} mm-es frakcióhoz szükséges vízrészt a 26. táblázatban megadott, a konzisztenciától függő értékek alapján határoztuk meg. Hosszabb bedolgozási idő esetén a vízmennyiség növelendő: pl. 1-1½ óra esetén a cementhez változatla-nul

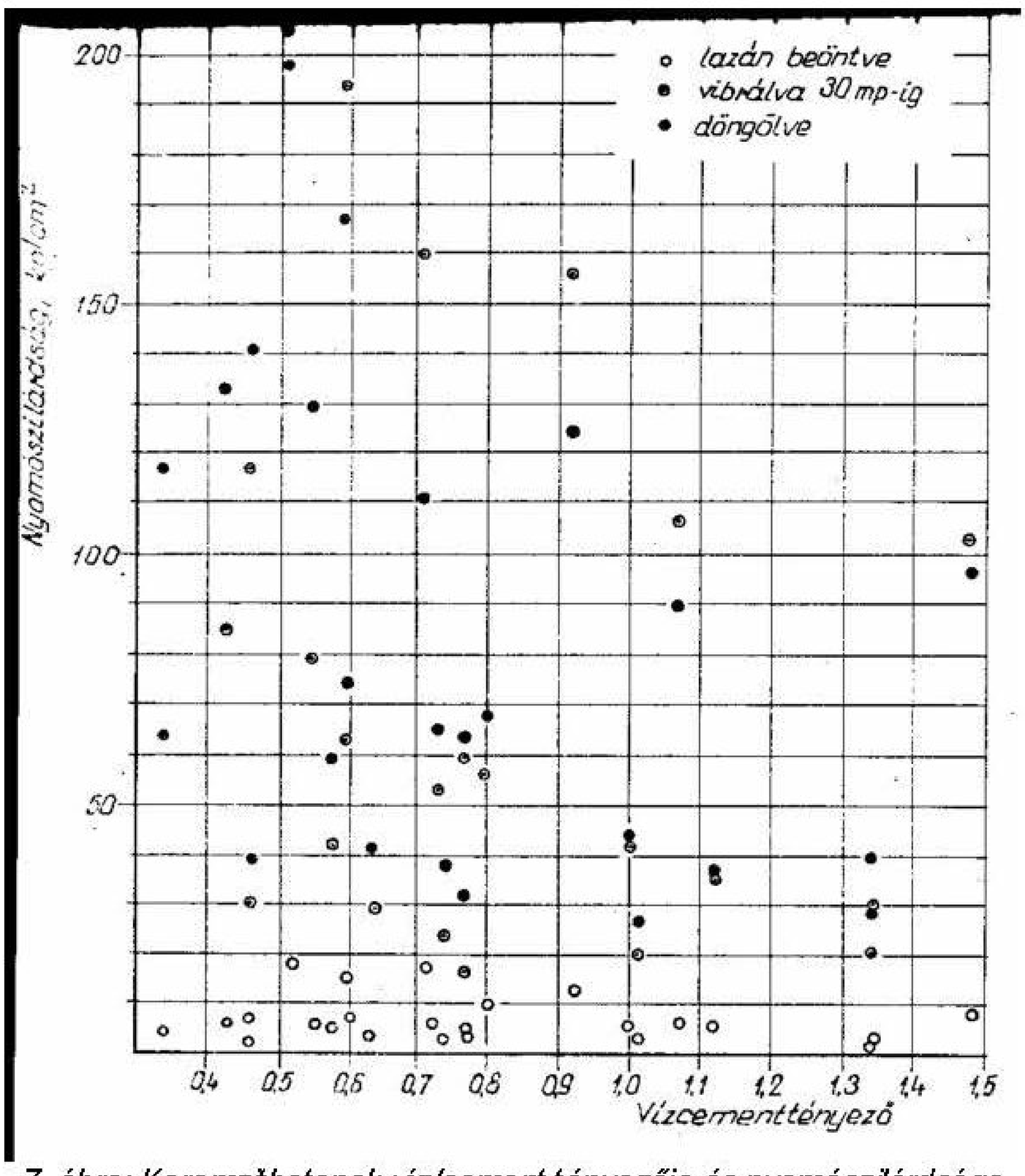
0,2 súlyrész víz, de könnyű adalékanyaghoz az 1. táblázatban megadott, az adalékanyag 1 órás vízfelvételének megfelelő víz adagolandó. Az elmondottak értelmébe a tényleges víz/ce-ment tényező az időben változó értékű. A bedolgozás időpontjában azonban a tényleges víz/cement tényező egy adalékanyag fajtán belül konstans, hiszen az adalékanyag vízfelszívásának kielégítése határozza meg a vízadagolást. Ezért az ebből számított összefüggés nem értékelhető. A fentiek alapján a (13) formula érvényességére vonatkozóan a következők állapíthatók meg:

a) A 7.-12. ábrák szerint a betonhoz adagolt teljes vízmennyiségből számított víz/cement tényező és a nyomószilárdság között nincs egyértelmű összefüggés.

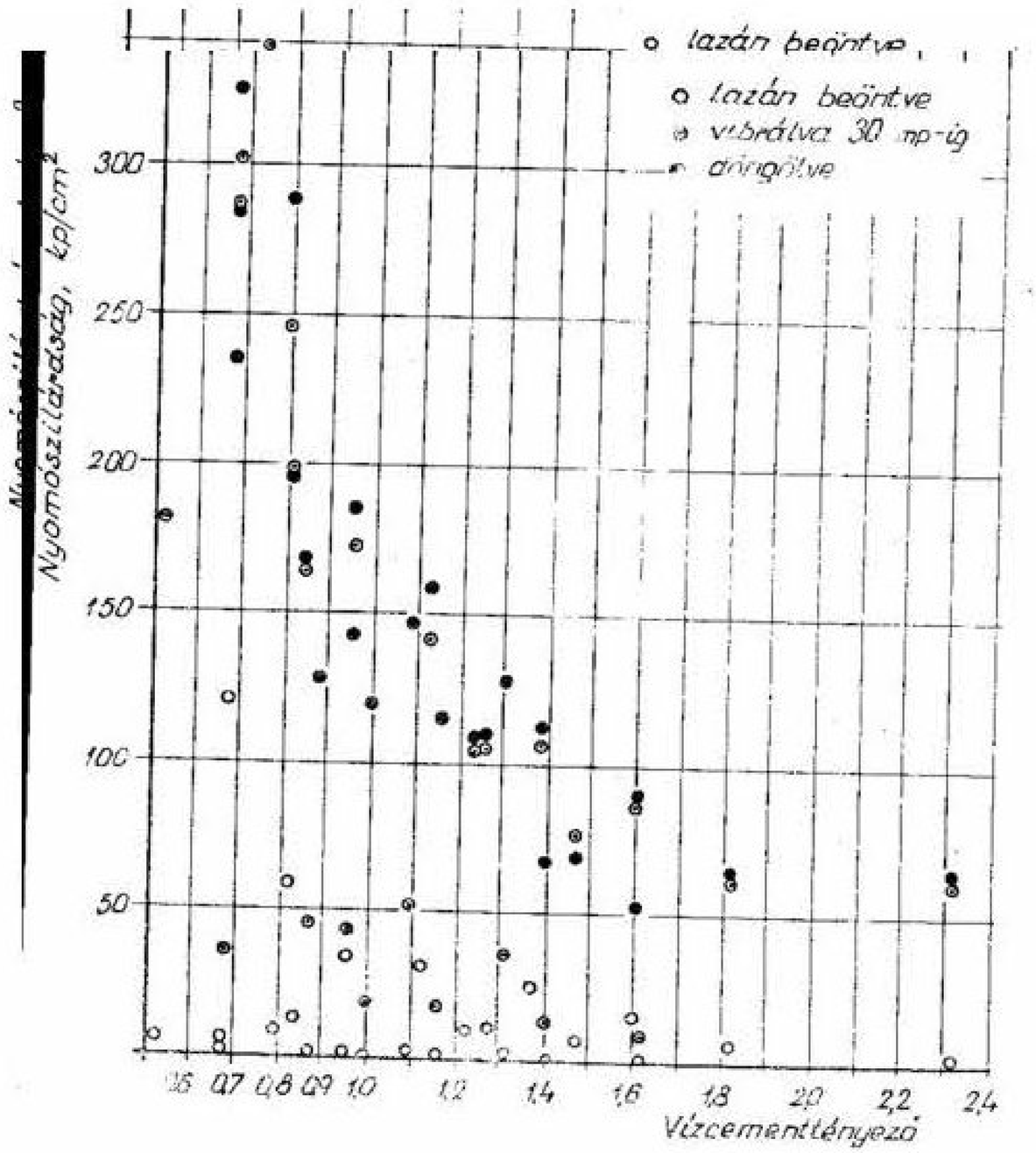
b) A konzisztencia beállításának ismertetett módja kizárja annak a lehetőségét, hogy az adalékanyag 1 órás vízfelvételének a levonása után maradó vízből számított víz/cement tényező és a nyomszilárdság között összefüggés legyen.

c) A 7.-10. ábrák arra utalnak, hogy amennyiben a beton nyomószilárdsága kb. 300 kg/m^3 vagy annál nagyobb, a víz/cement tényező (a teljes vízmennyiségből számítva) szabályozó szerepe érvényesülni kezd, de az érvényességi határok tágabbak, mintsem a víz/cement tényező a betonösszetétel tervezéséhez, illetve a szilárdság előbecsléséhez felhasználható lenne..

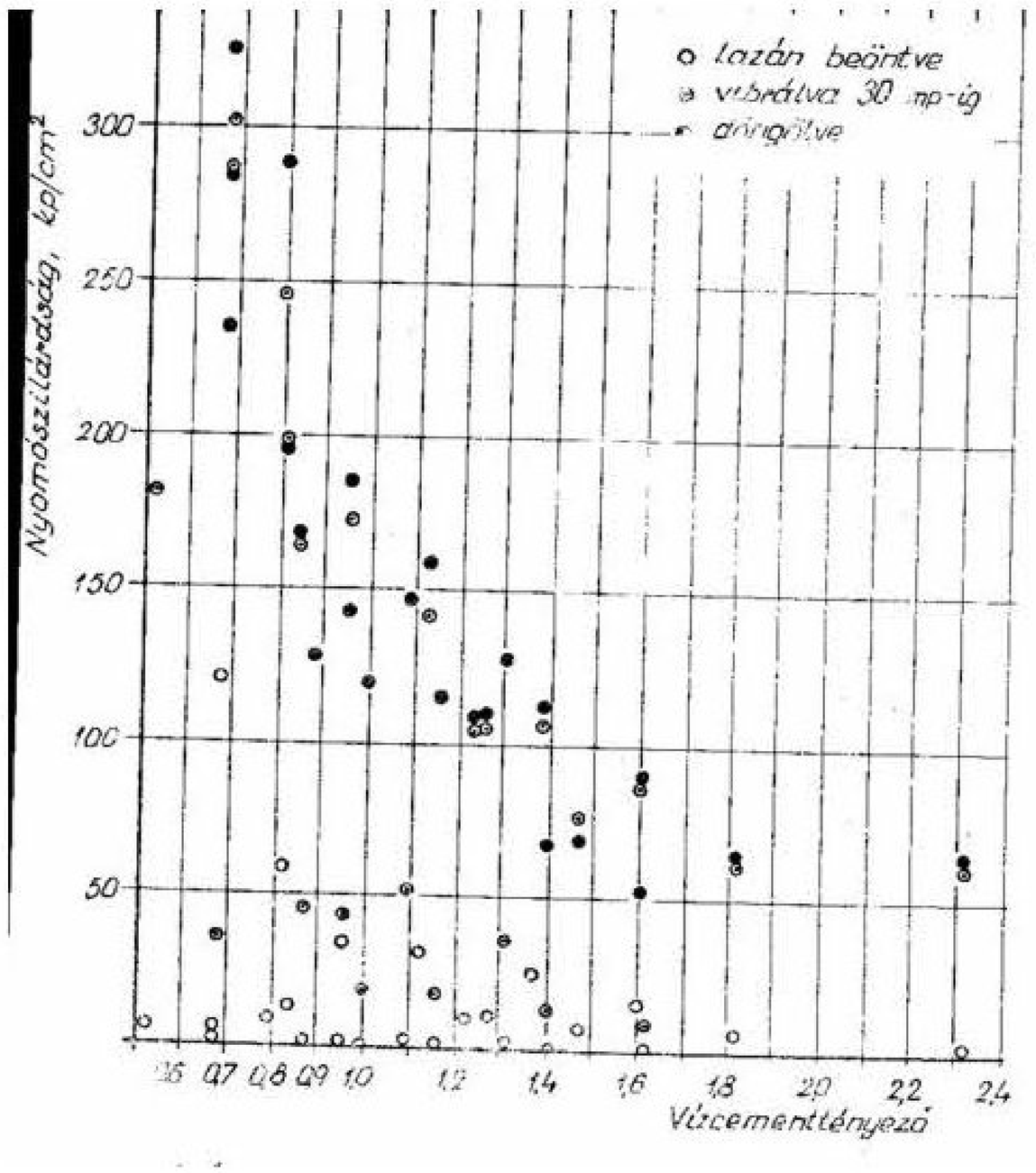
d) A 10.-12. ábrák arra utalnak, hogy a téglazúzalék- és a pernyekavicsbetonok esetében a tömörítés módjától függően van kimutatható összefüggés a víz/cement tényező és a szilárdság között, de nem olyan szoros, hogy arra a tervezési módszerek alapozhatók lennének



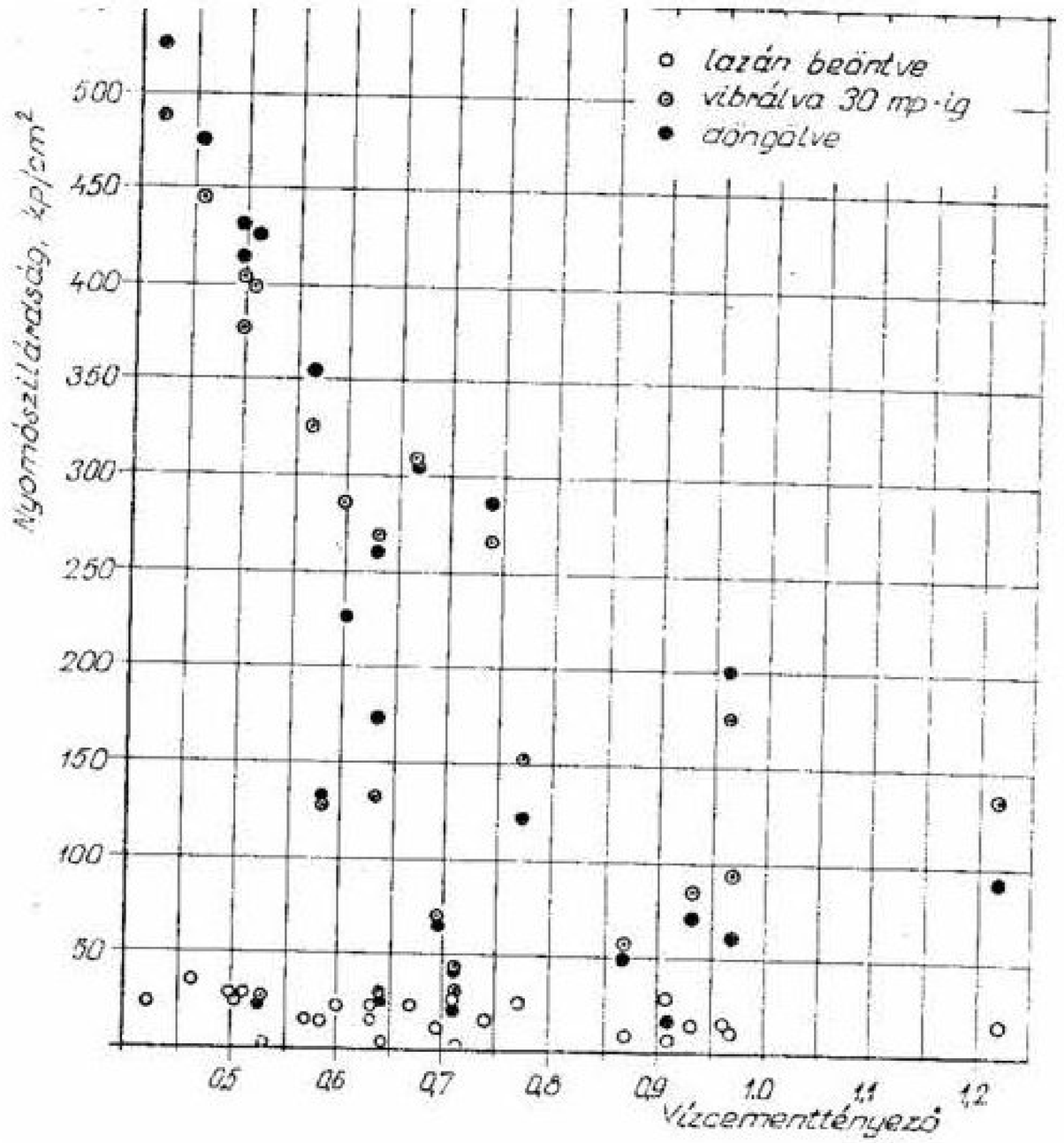
7. ábra: Keramzitbetonok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága



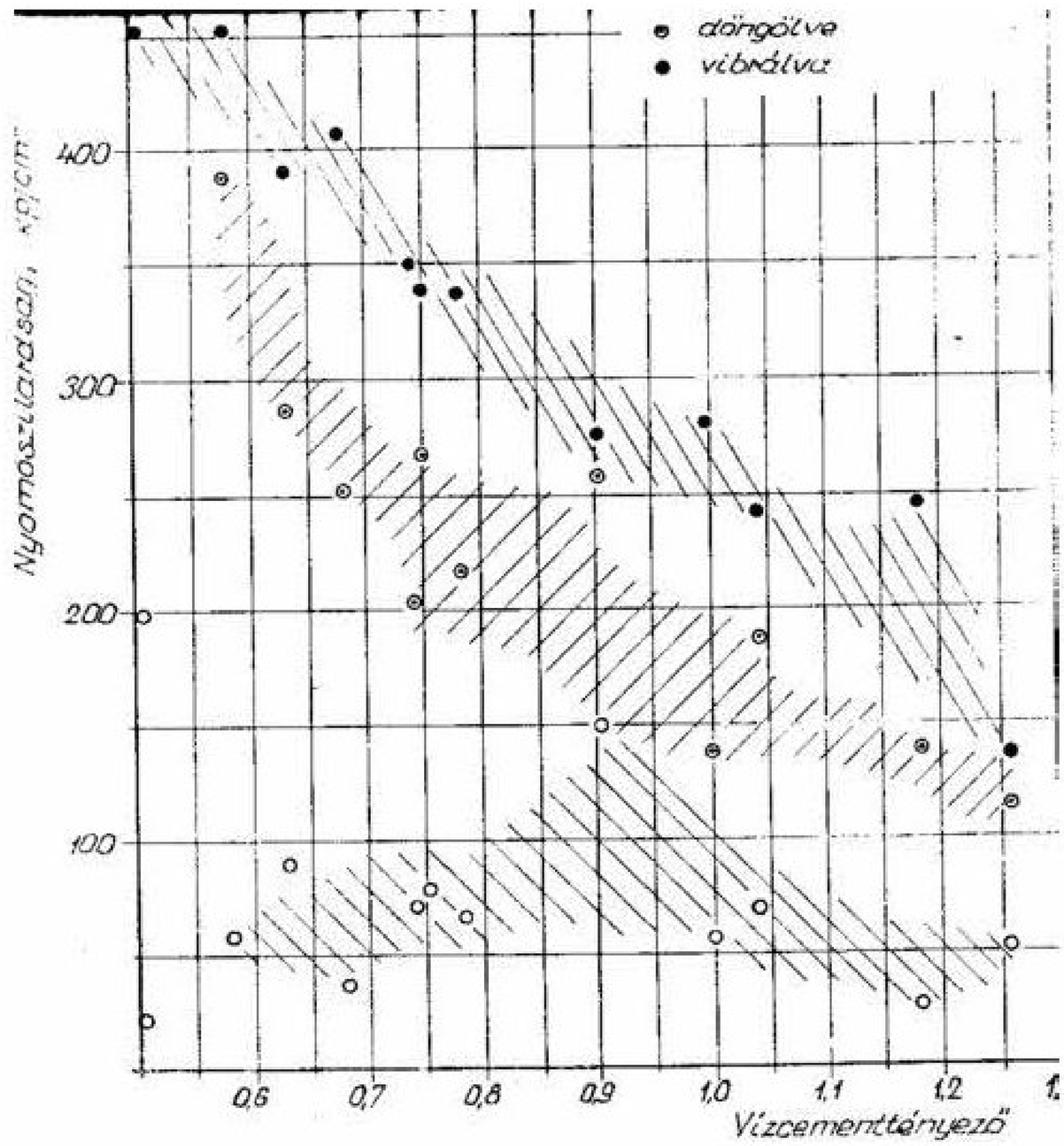
8. ábra: Habsalak betonok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága



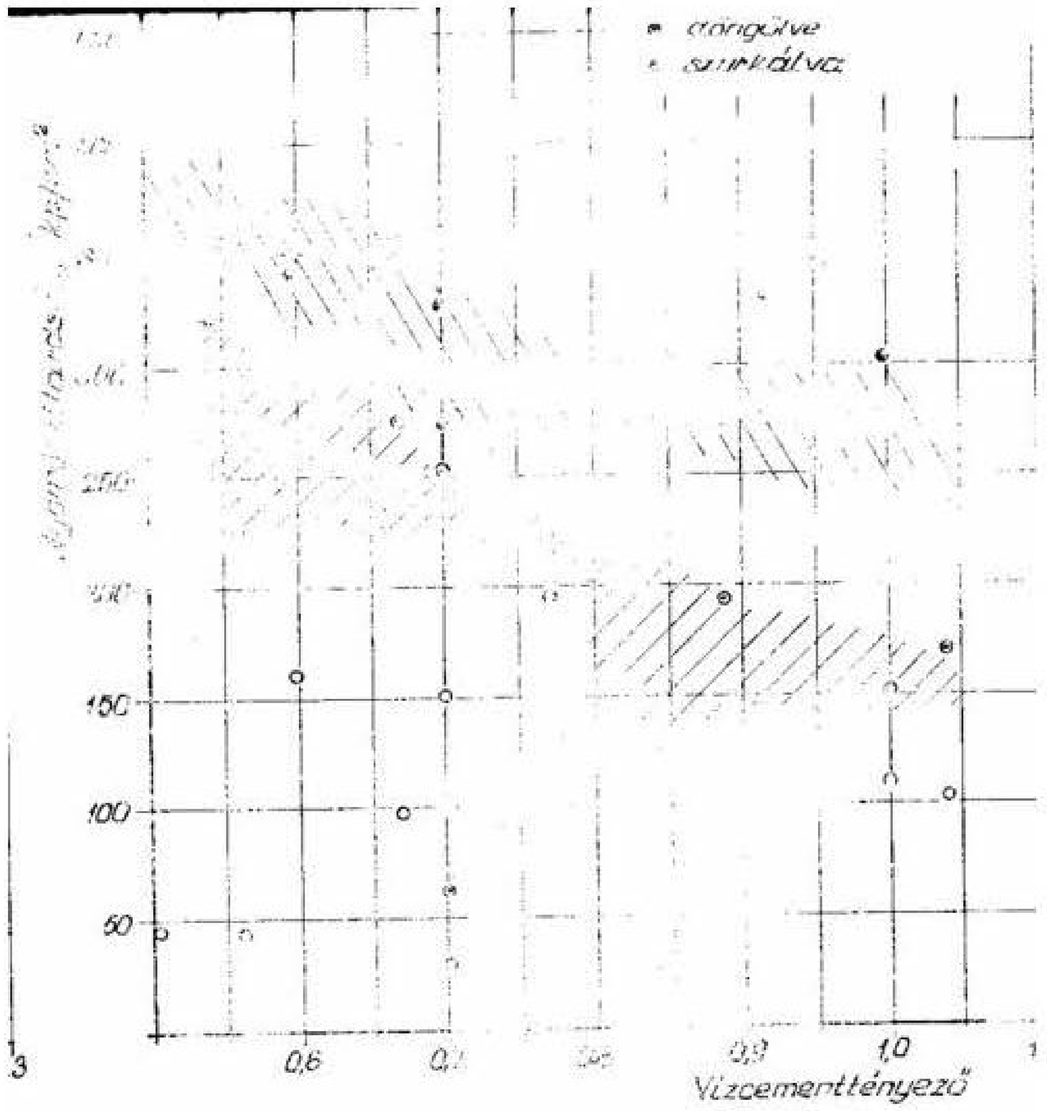
9. ábra: Tufabetonok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága



10. ábra: Kazánsalak betonok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága



11. ábra: Téglazúzalékos betonok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága



12. ábra: Pernyekavics betonok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága

26. táblázat: Könnyű adalékanyagú betonok vízigénye (a vízhozzáadás és a bedolgozás között eltelt idő legfeljebb fél óra)

Sor-szám	*Adalékanyag megnevezése*	*földnedves (a')*	*plasztikus (a)*
		konzisztencia esetén a vízadagolás az adalékanyag súlyegységében kifejezve	
1.	0-1 mm természetes homok	0,08	0,12
2.	0-1 mm pécsi keramzit	0,30	0,40
3.	1-30 mm pécsi keramzit	0,08	0,10
4.	0-1 mm habsalak	0,13	0,20
5.	1-15 mm habsalak	0,09	0,11
6.	0-1 mm bodrogkeresztúri tufa	0,25	0,35
7.	1-20 mm bodrogkeresztúri tufa	0,20	0,30
8.	0-1 mm kazánsalak	0,11	0,25
9.	1-15 mm kazánsalak	0,09	0,12

4.13. Víz+levegő/cement tényezőre épített összefüggések

A (14) formulának megfelelő összefüggések érvényességére *Palotás* már évtizedekkel ezelőtt felhívta a figyelmet a betonok összetételének a tervezésével kapcsolatban [37], amikor a kavicsbetonokra bebizonyította a víz+levegő/cement tényező és a betonszilárdság összefüggését. Kísérleteink eredményeiből a víz+levegő/cement tényező és a nyomószilárdság kapcsolatát a 13.-19. ábrákon tüntettük fel. Ha az adatokat kettős logaritmikus léptékben ábrázoljuk, akkor az összefüggés egyenessé válik, azaz a víz+levegő/cement tényező és a nyomószilárdság viszonya az alábbi exponenciális kifejezés szerinti:

$$K = A \times x^{-B} \qquad (I)$$

ahol K = a beton kockaszilárdsága, kp/cm^2, x = a víz+levegő/cement tényező, A és B = kísérleti állandók.

A kísérleti eredmények alapján kiszámított A és B értékeket a 27. táblázatban tüntettük fel. A táblázatban megadtuk az összefüggések érvényességi tartományát kockaszilárdságra és víz+levegő/cement tényezőre egyaránt. Tekintettel arra, hogy B negatív, ezért

$$K = A \times \frac{1}{x^B} \qquad \text{(II)}$$

Kifejezés értelmében a beton kockaszilárdsága a víz+levegő/cement tényezővel fordítva arányos. A képlet átalakítása után

$$x = \sqrt[B]{\frac{A}{K}} \qquad \text{(III)}$$

azaz

$$\log x = \frac{1}{B} \times \log \frac{A}{K} \qquad \text{(IV)}$$

ahol B = a 27. táblázat szerinti állandó pozitív előjellel. Ezzel a képlettel a vizsgálatokba bevont könnyűbetonok az adott szilárdsághoz tartozó víz+levegő/cement tényezője – a 27. táblázat szerinti szilárdsági határértékek között – egyszerű módon számíthatók.

A 13.-19. ábrákon bemutatott vizsgálati anyag alapján bizonyítottnak lehet tekinteni, hogy

a) A víz+levegő/cement tényező segítségével a könnyűbetonok nyomószilárdsága kellő biztonsággal előbecsülhető, tehát a víz+levegő/cement tényező a betontervezés alapjaként a csak nyomószilárdsági igényeket kielégítő könnyűbetonokra elfogadható.
b) A beton nyomószilárdsága és a víz+levegő/cement tényező reciprok értéke között exponenciális összefüggés van. Ez az összefüggés a (I) képlet szerinti formulával jellemezhető, ahol A és B kísérleti állandók az adalékanyag fajtájától, a habarcsképző homoktól és a tömörítés módjától függenek. Ezek az állandók egyszerű matematikai módszerekkel számíthatók.
c) A legfontosabb hazai adalékanyagokra és tömörítési módszerekre a 26. táblázat adatai szerinti tartományokban megbízható adatok állnak rendelkezésünkre már az eddigi kísérleti eredmények alapján is. Mindazonáltal még nem lehet lezártnak tekinteni az e téren folytatott vizsgálati munkát, mert a 26. táblázat érvényességi tartományának további bővítésére feltétlenül szükség van.
d) A csak nyomószilárdsági igényeket kielégítő könnyűbetonok nyomószilárdságának előbecslésére, illetve a beton összetételének a tervezésére a víz+levegő/cement tényező szabályzati úton is bevezethető.

A számításokhoz a következő összefüggéseket kell felhasználni:

Az előzőekben bemutatott (IV) összefüggés megadja a víz+levegő/cement tényező értékét. Ha ismerjük a cement F_c és az adalékanyag F_a fajsúlyát, akkor az x víz+levegő/cement tényező:

$$x = \frac{S_v + \left[1000 - \left(\frac{1}{F_c} \times S_c + \frac{1}{F_A} \times S_A + S_V\right)\right]}{S_c} \qquad \text{(V)}$$

kifejezésből számítható, ahol S_c = a cementtartalom, kg/m^3, S_A = az adalékanyag tartalom, kg/m^3, S_V = a víztartalom, kg/m^3. Mivel a képletben S_V pozitív és negatív értéke egyaránt szerepel, ezért

$$x = \frac{1000 - \left(\frac{1}{F_c} \times S_c + \frac{1}{F_A} \times S_A \right)}{S_c} \qquad \text{(VI)}$$

ami magától értetődő, hiszen a víz az adalékanyag pórusait tölti ki, tehát az S_V+L értéke tulajdonképpen a friss beton vízzel és levegővel kitöltött pórusainak az összege, azaz a teljes pórustartalom.

A beton összetételének meghatározása most már az S_c cementtartalom felvételéből és az ehhez tartozó S_A adalékanyag tartalom számításából áll. Ha a (VI) képletet átalakítjuk, akkor

$$S_A = \left[\left(1000 - \frac{1}{F_c} \times S_c \right) - S_c \times x \right] \times F_A \qquad \text{(VII)}$$

és ebből S_A értéke megállapítható. A beton víztartalma plasztikus konzisztencia esetén:

$$S_V = 0{,}2 \times S_c + a \times S_A \qquad \text{(VIII)}$$

míg földnedves konzisztencia esetén a víztartalom:

$$S_V = 0{,}2 \times S_c + a' \times S_A \qquad \text{(IX)}$$

ahol a és a' értékei ½ óra utáni bedolgozás esetén a 26. táblázatban megadottak, míg 1 órás bedolgozási idő mellett az a értéke az 1. táblázat szerinti 1 órás vízfelvételnek megfelelő és a' értéke ennek 0,9-szerese.

A betonösszetétel tervezése tehát a (IV) kifejezés szerinti víz+levegő/cement tényező számításával kezdődik, majd a cementtartalom felvétele után a (VII) kifejezés segítségével meghatározható az adalékanyag tartalom, míg a konzisztenciától függően szükséges vízmennyiség a (VIII) vagy a (IX) képletből állapítható meg.

PÉLDA:

Legyen előírva földnedves konzisztenciájú kazánsalak betonból, amelyet a vízhozzáadás után 1 óra múlva dolgozunk be 200 kp/cm^2 nyomószilárdság. A 27. táblázat szerint a B200 betonhoz a 6. sor adatait kell figyelembe venni, azaz $A = 290$ és $B = -1{,}0$ .Ennek alapján (B pozitív előjellel) a (IV) képletből:

$$lg\ x = (1/1{,}8) \times lg\ (290/200) = 0{,}09$$

azaz $x = 1{,}23$.

Az 1. táblázat szerint a kazánsalak fajsúlya $F = 2{,}46\ g/cm^3$, az 500-as portlandcementeké átlagosan $F_c = 3{,}0\ g/cm^3$, ezért a (VII) kifejezés szerint:

$$S_A = \{ [\ 1000 - (1/3{,}0) \times S_c] - S_c \times 1{,}23\} \times 2{,}46$$

Az 1 órás vízfelvétel az 1. táblázat szerint 25 súly %, azaz a (IX) képlet alapján

$$S_V = 0{,}2 \times S_c + 0{,}9 \times 25 \times S_A = 0{,}2 \times S_c + 22{,}5 \times S_A$$

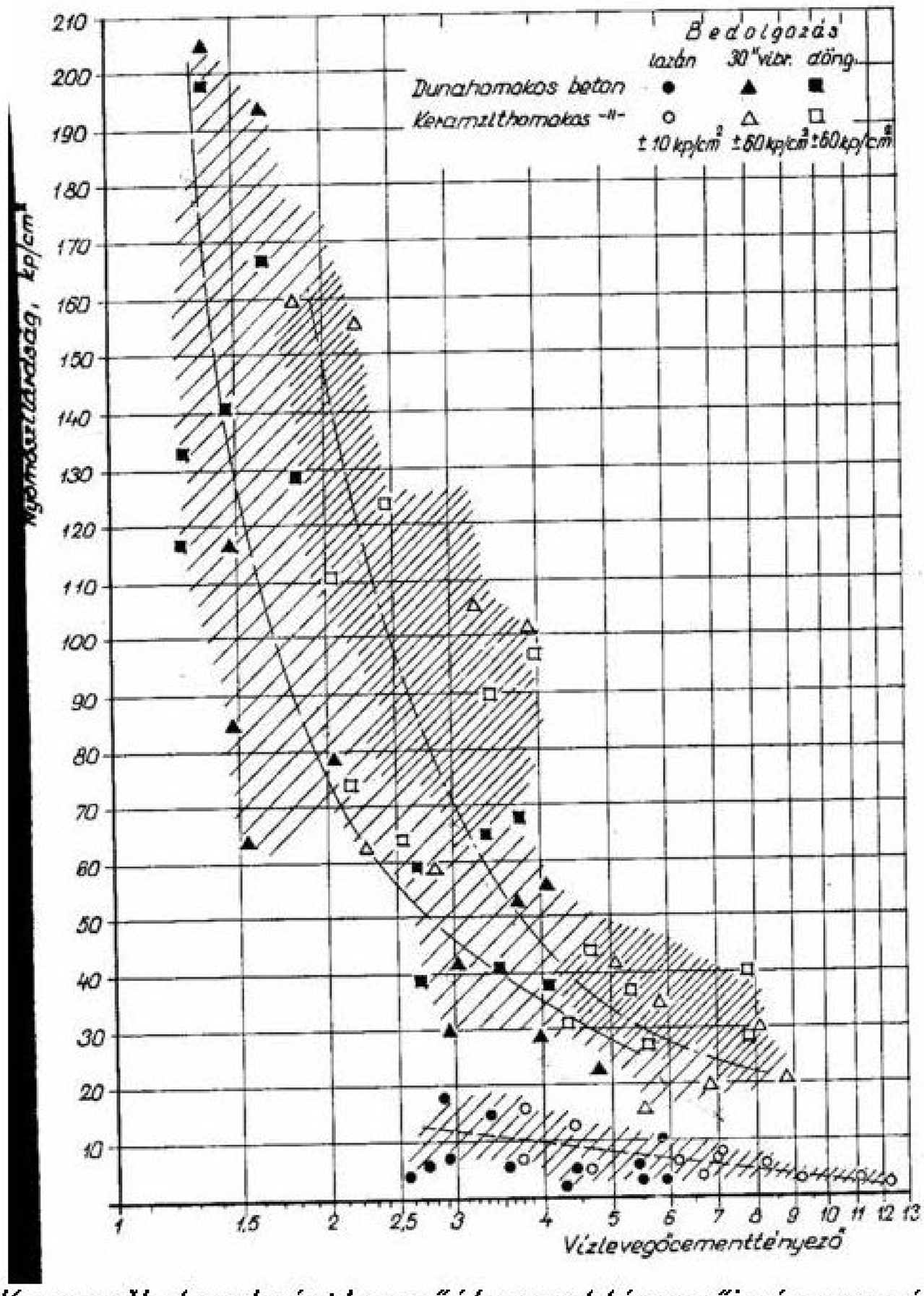
Különböző cementtartalmak esetén az adalékanyag- és a víztartalom az alábbi:

500-as cementtartalom, kg/m^3	300	350	400
kazánsalak tartalom, kg/m^3	1310	1115	925
víztartalom, kg/m^3	355	320	289

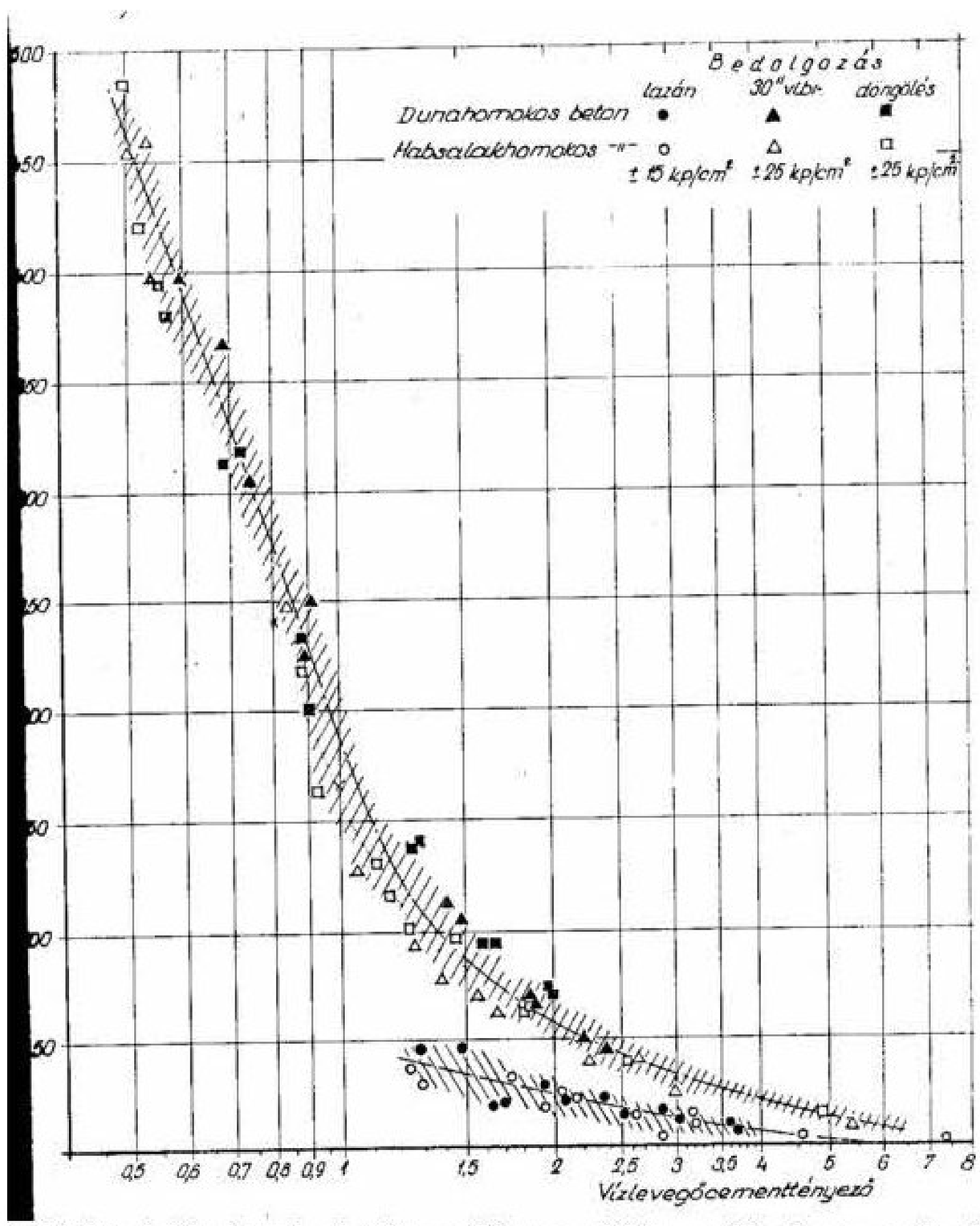
27. táblázat: A könnyűadalékanyagos beton szilárdságának előbecslése a víz+levegő/cement tényezővel

A beton megnevezése	*Érvényességi határok*		*Kísérleti állandók*	
	szilárdság	*x*	*A*	*B*
Keramzitbeton keramzithomokkal	10 – 150	2,0 – 7,0	490	- 1,8
Keamzitbeton folyami homokkal	10 – 200	1,3 – 4,0	290	- 1,8
Habsalakbeton	50 – 500	0,5 – 3,0	170	- 1,6
Tufabeton	10 – 350	0,65 – 4,5	170	- 1,7
Kazánsalakbeton nagyobb szilárdsággal	240 – 550	0,6 – 1,0	290	- 1,0
Kazánsalakbeton kisebb szilárdsággal	40 – 240	1,0 – 3,0	290	- 1,8
Téglazúzalékos beton tűvibrátorral tömörítve	240 – 450	0,65 – 1,5	310	- 0,7
Téglazúzalékos beton, döngöléssel tömörítve	150 – 400	0,65 – 2,0	250	- 0,8
Pernyekavicsbeton tűvibrátorral tömörítve	240 – 450	0,55 – 1,5	280	- 0,6
Pernyekavicsbeton döngöléssel tömörítve	140 – 300	0,65 – 1,7	210	- 1,0

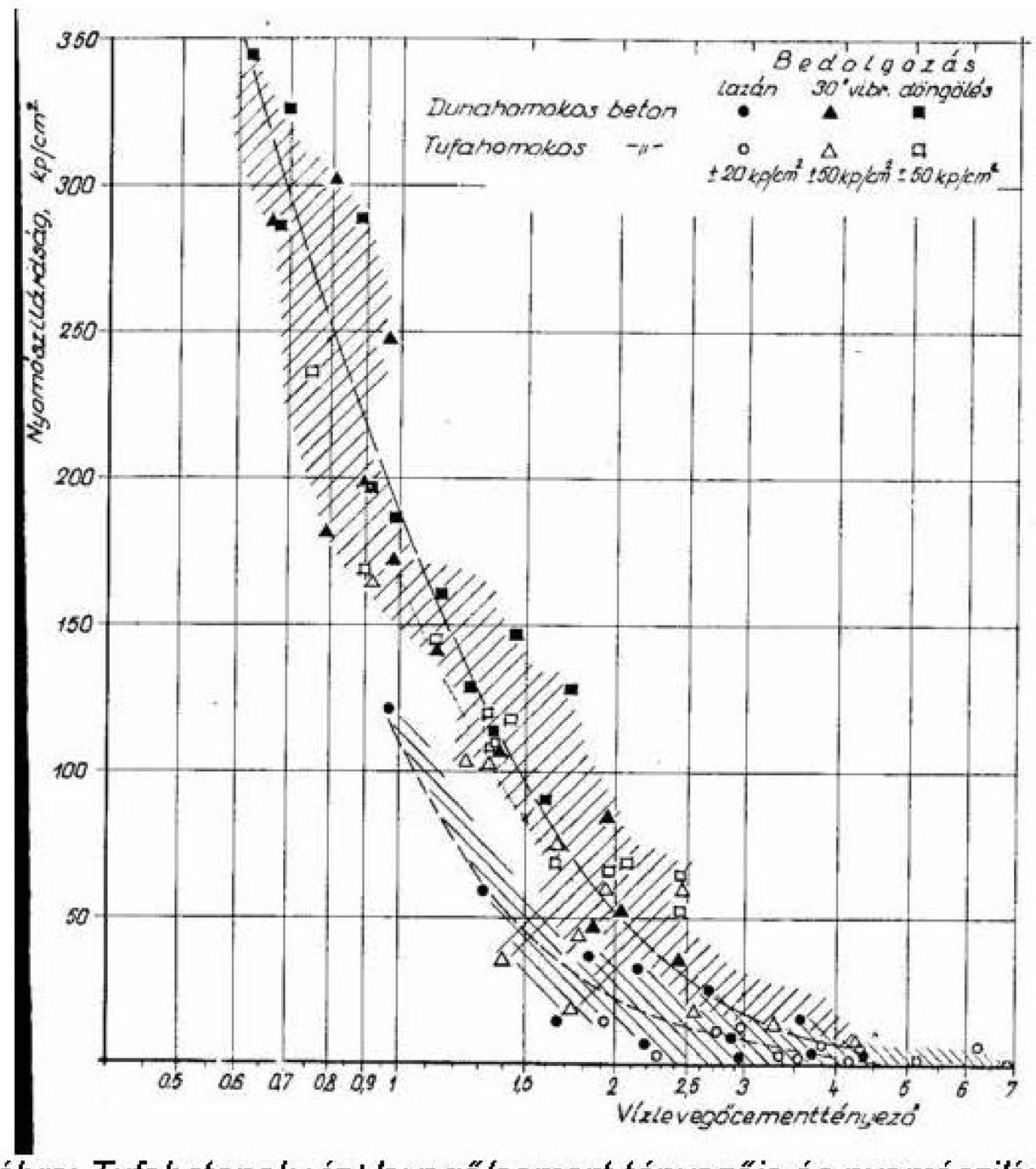
* víz+levegő/cement tényező



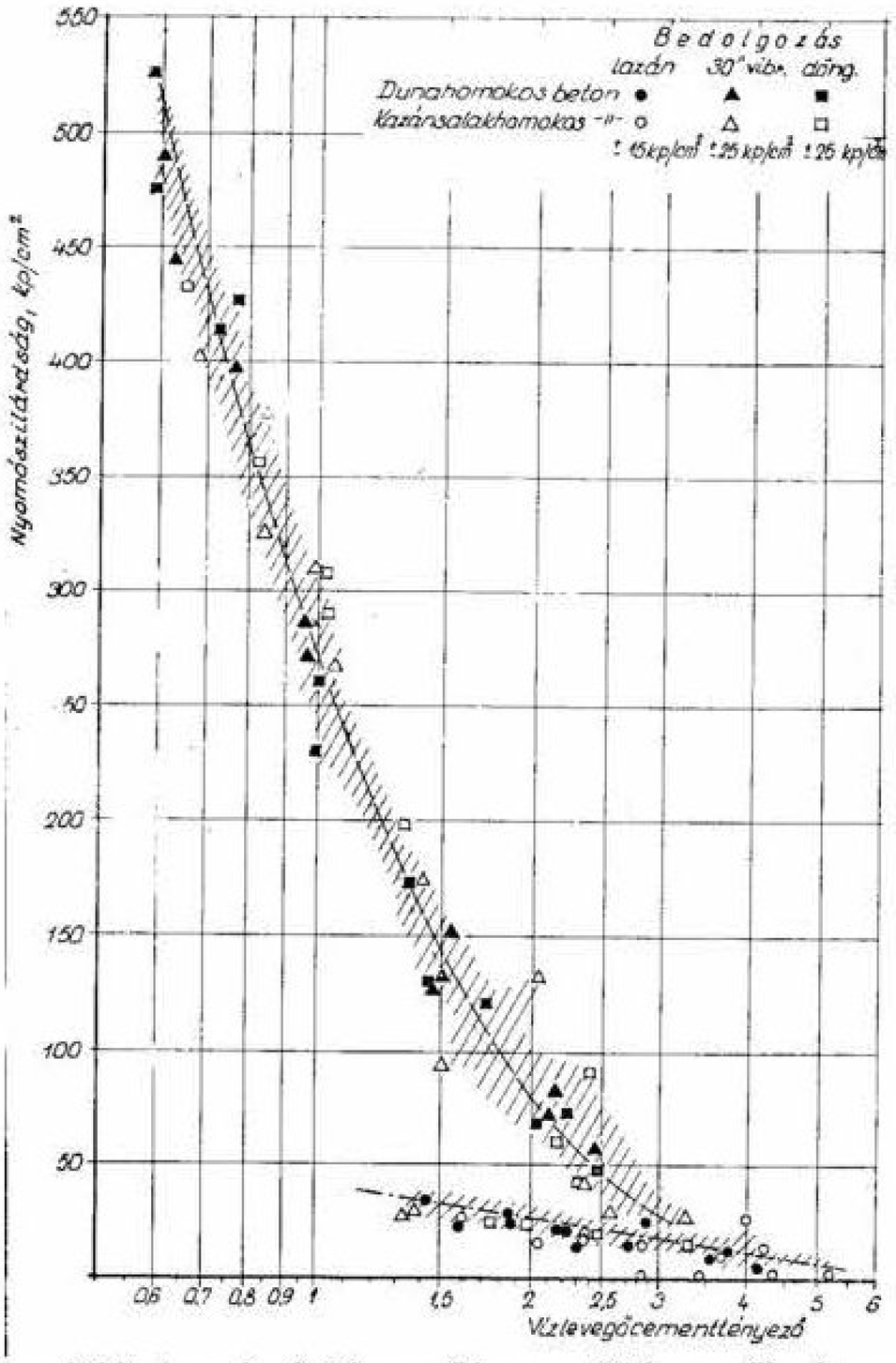
13. ábra: Keramzitbetonok víz+levegőű/cement tényezője és nyomószilárdsága



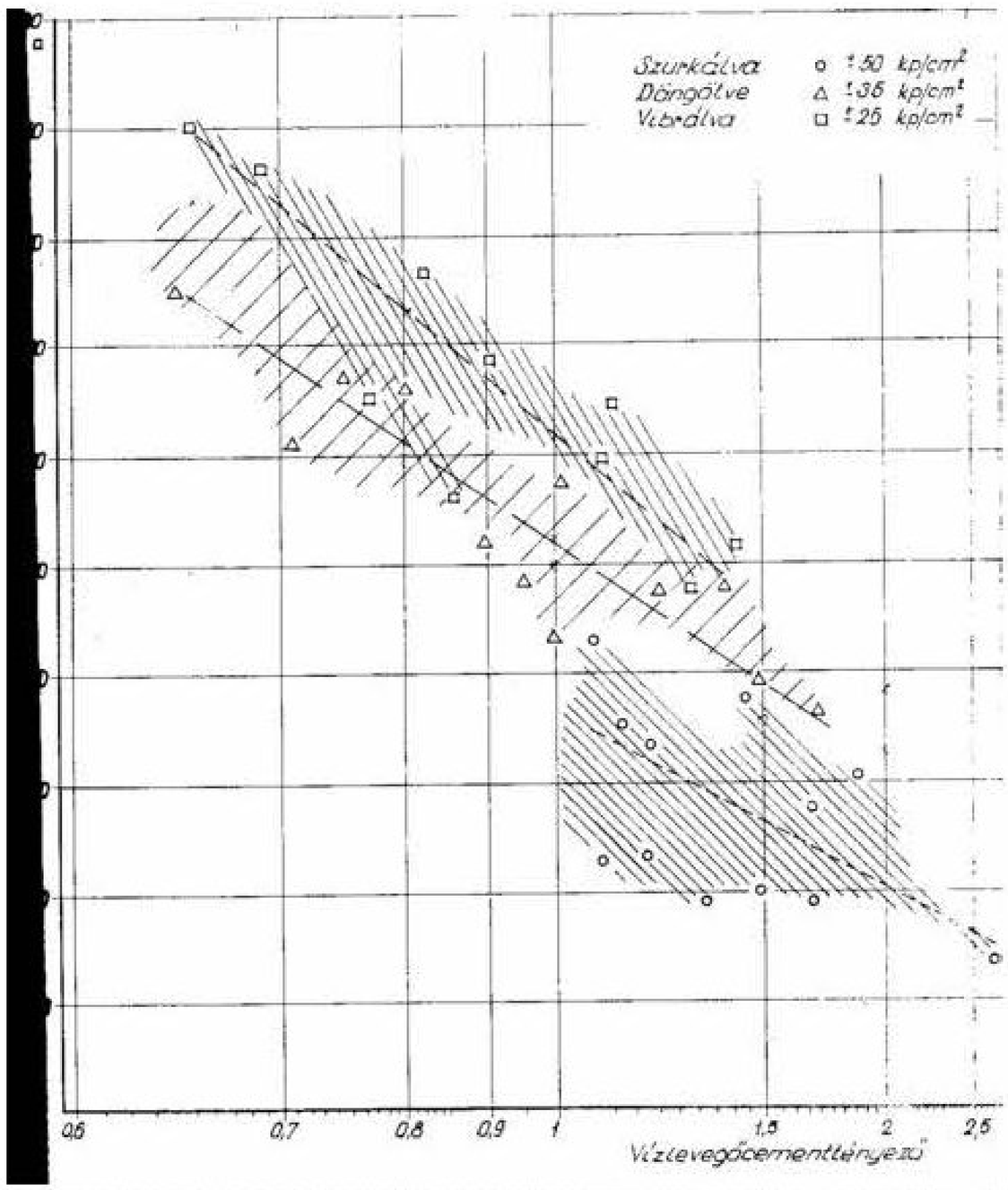
14. ábra: Habsalakbetonok víz+levegő/cement tényezője és nyomószilárdsága



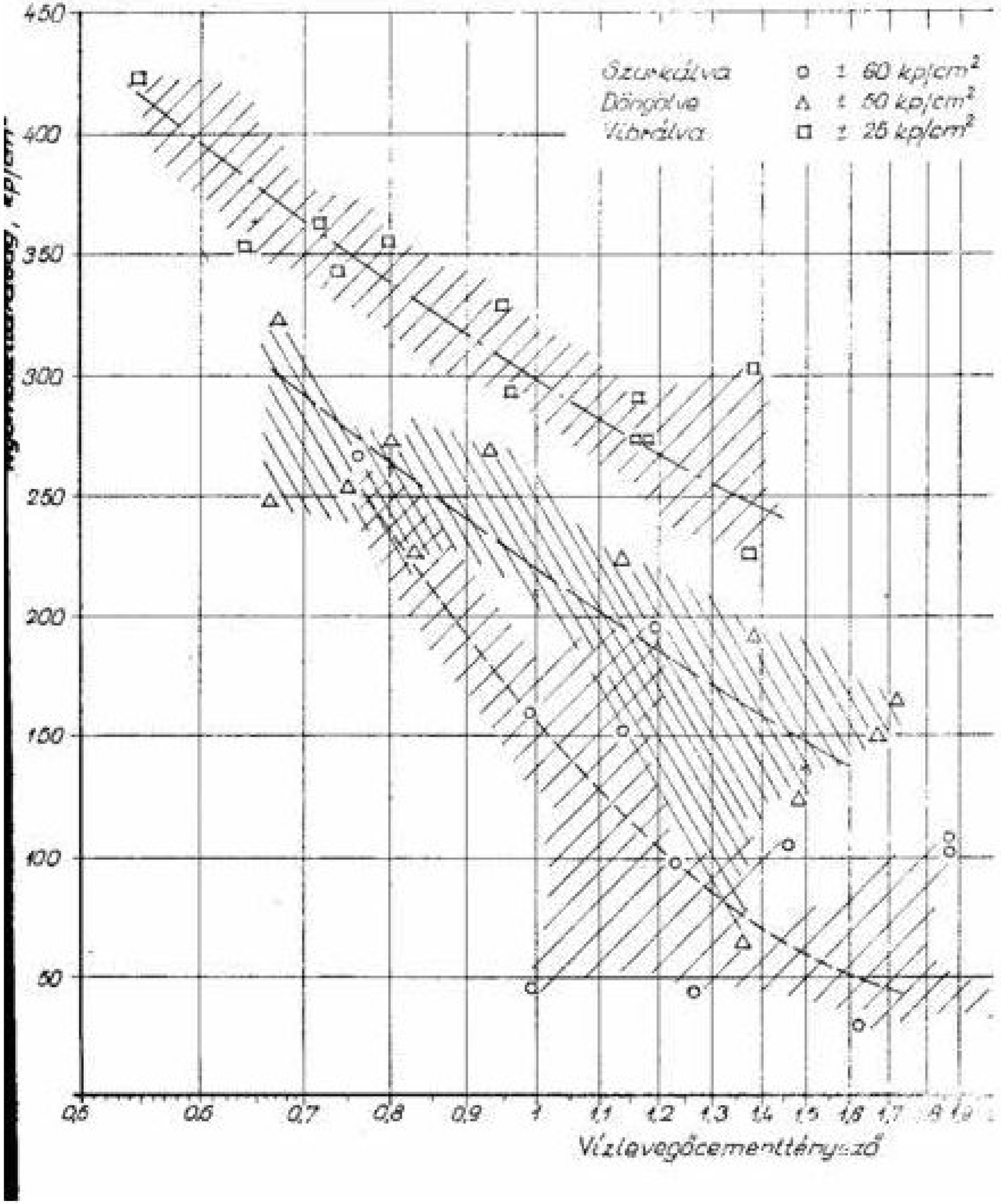
15. ábra: Tufabetonok víz+levegő/cement tényezője és nyomószilárdsága



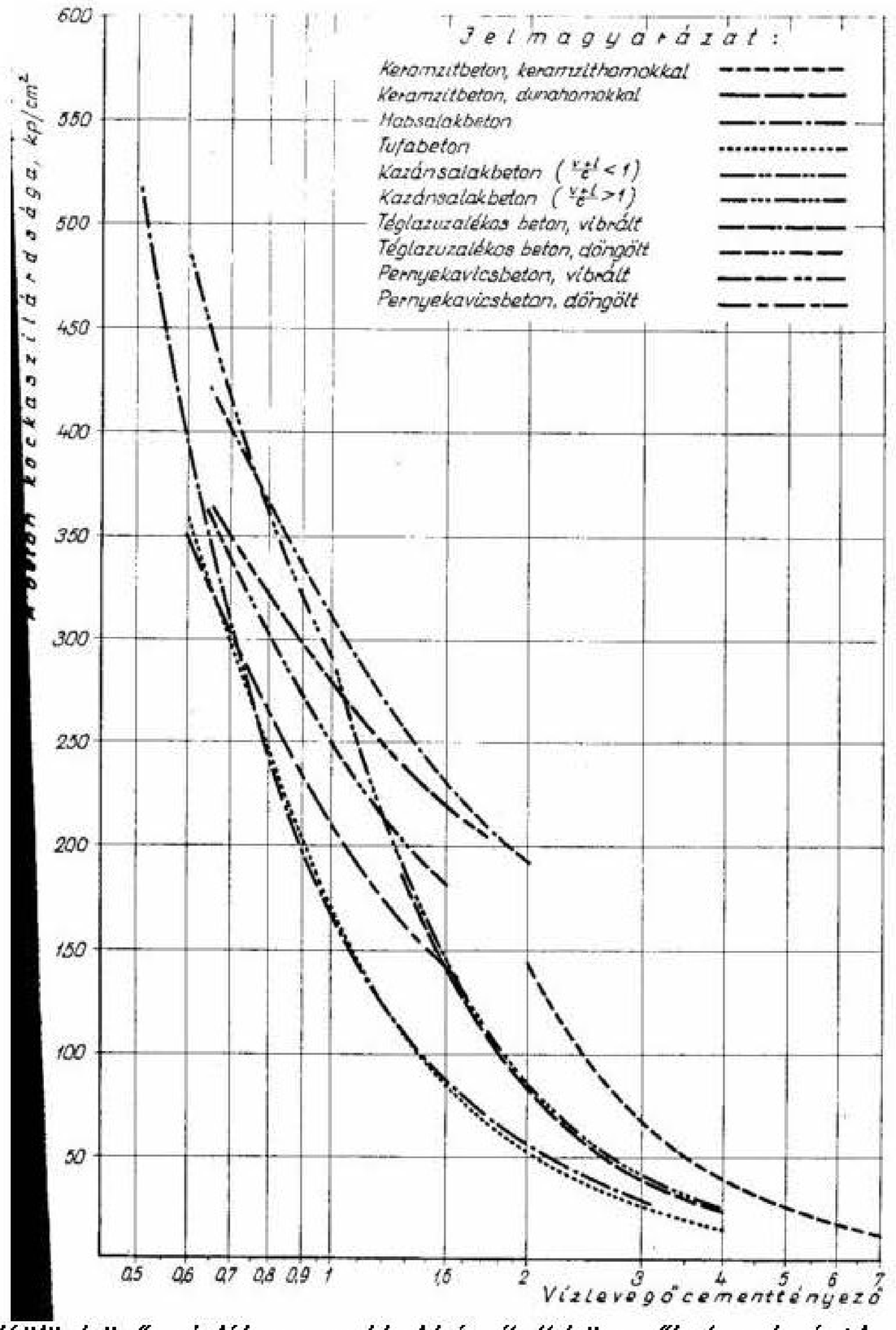
16. ábra: Kazánsalakbetonok víz+levegő/cement tényezője és nyomószilárdsága



17. ábra: Téglazúzalékos betonok víz+levegő cement tényezője és nyomószilárdsága



18. ábra: Pernyekavicsbetonok víz+levegő cement tényezője és nyomószilárdsága



19. ábra: Különböző adalékanyagokkal készített könnyűbetonok víz+levegő/cement tényezőjének és nyomószilárdságának összefüggése

4.2. Teherhordó és hőszigetelő könnyűbetonok összetételének tervezése

Az előírt térfogatsúlyt és nyomószilárdságot egyaránt kielégítő könnyűbetonok összetételének tervezésére két módszer követhető. Az egyik szerint nomogram alapján, a beton kitüntetett paramétereiből kiindulva lehet meghatározni az előírt térfogatsúlyt és nyomószilárdságot biztosító betonösszetételt, a másik szerint a betont durva adalékanyagból és az ezt összetartó habarcsvázból összetettnek tekintve a két alkotórész egyedi szilárdsági értékei alapján lehet következtetni a beton szilárdságára.

4.21. Nomogramos tervezési módszer

A nomogramos tervezési módszert mintegy 10 éve dolgoztuk ki [6] s nyolc éve alkalmazzuk előírásokban is rögzítve a habsalakbetonok összetételének a meghatározására [38]. E módszer alapján három lépésben lehet meghatározni a könnyűbeton nyomószilárdságát és térfogatsúlyát (a nomogram vázlata a IX. ábrán látható):

a) Első lépésben független változónak tekintjük az adalékanyag önszilárdságát (vagy szabványos, 7-15 mm-es szemcséken mért halmaztérfogatsúlyát) és szemszerkezetét (a legfontosabb 0- mm-es szemcsék mennyiségét). A független változók bármely értékéhez a $0\text{-}D_{max}$ szemnagyságú, folyamatos szemszerkezetű adalékanyag keverék halmaztérfogatsúlya függő változóként meghatározható.

b) Második lépésbe független változónak tekintjük az a) pont alapján kapott adalékanyag keverék halmaztérfogatsúlyt és a cementtartalmat. E független változók bármely értékéhez

adott konzisztencia (vagy víztartalom) és keverési módszer mellett a betonkeverék laza halmaztérfogatsúlya függő változóként meghatározható.

c) Harmadik lépésben független változó a b) pont alapján kapott betonhalmaztérfogatsúly, valamint a tömörítés. E független változók bármely értékéhez a beton 28 napos nyomószilárdsága függő változóként meghatározható.

E szerint a teljes tervezési nomogram három részből áll. Az első az adalékanyag 7-15 mm-es szemcséken mért szabványos halmaztérfogatsúlyának és a 0-D_{max} szemnagyságú adalékanyag keverék halmaztérfogatsúlyának összefüggését mutatja a 0-1 mm-es finomrésztartalom függvényében. A második diagramban az adalékanyag keverék halmaztérfogatsúlyának és a laza betonkeverék halmaztérfogatsúlyának összefüggése látható a cementtartalom függvényében (adott konzisztencia esetére). Végül a harmadik diagram a beton laza halmaztérfogatsúlyának és kockaszilárdságának összefüggését ábrázolja, a tömörítéstől függően.

Az összefüggés magyarázatára nem térünk ki, mert azt az irodalomból ismertnek tételezzük fel [31]. Csak annyit említünk meg: a beton laza halmaztérfogatsúlya és szilárdsága közötti összefüggést az ún. bedolgozási modulus (M) függvényében lehet ábrázolni. A bedolgozási modulus:

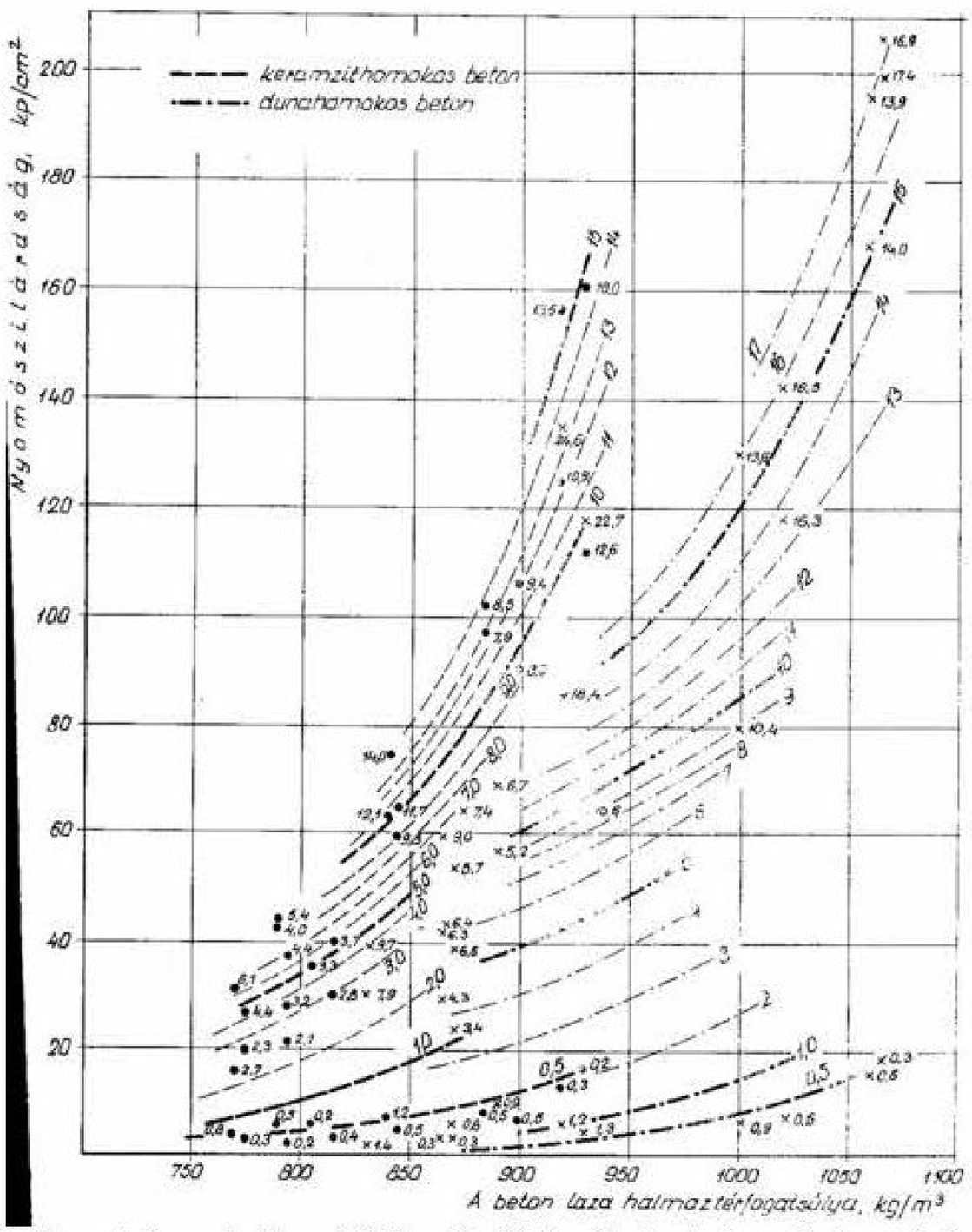
$$M = S_c \times \frac{T_t - T_1}{T_1} \qquad (X)$$

ahol S_c = a tömör friss beton cementtartalma, kg/m^3, T_t = a tömörített beton készítési térfogatsúlya, kg/m^3, T_1 = a betonkeverék laza halmaztérfogatsúlya, kg/m^3.

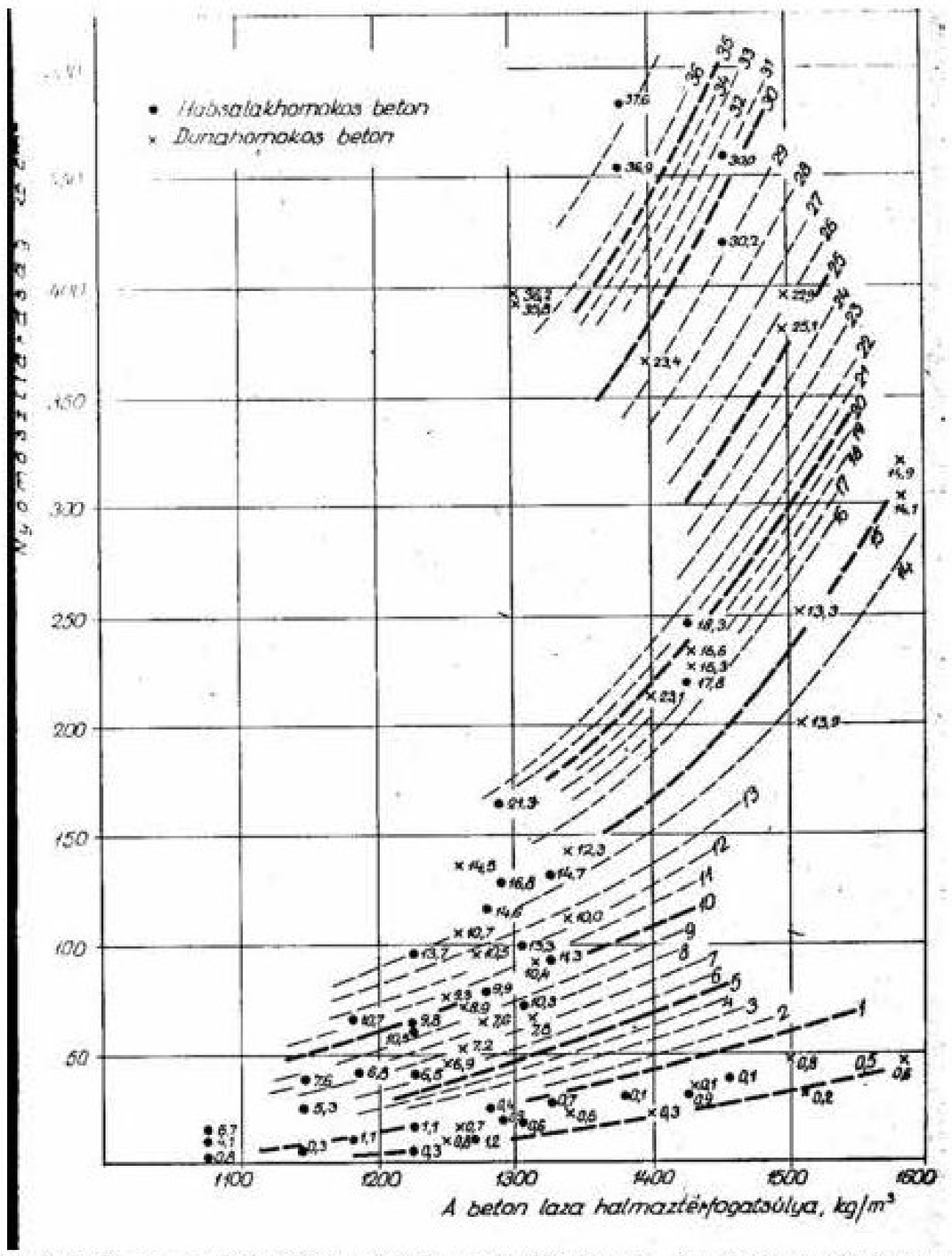
Mivel ezideig csak a habsalak betonra álltak elegendő számban eredmények rendelkezésre ahhoz, hogy a kockaszilárdság – bedolgozási modulus – beton halmaztérfogatsúly összefüggését ábrázoljuk, ezért a jelenlegi kísérleteink eredményei alapján a vizsgálatokba bevont adalékanyagokra – a téglazúzalékos és a pernyekavicsos betonok kivételével – elkészítettük a diagramokat a 20.-23. ábra szerint, ahol az egyedi vizsgálati eredményeket is feltüntettük.

Bár a betonkeverék laza halmaztérfogatsúlyának az ME-37-64 szerint végzett vizsgálata több bizonytalanságot rejt magában, a 20.-23. ábrák mégis azt mutatják, hogy az összefüggés bizonyíthatóan nemcsak a habsalakra áll fenn. Fel kell hívni a figyelmet arra is, hogy a 21. ábra szerinti, a jelenlegi vizsgálatokból nyert eredmények feldolgozása megegyező diagramot adott a mintegy 10 évvel ezelőtt végzett kísérleteink eredményei alapján szerkesztett s az ME-37-64 előírásban közölt tervezési diagrammal.

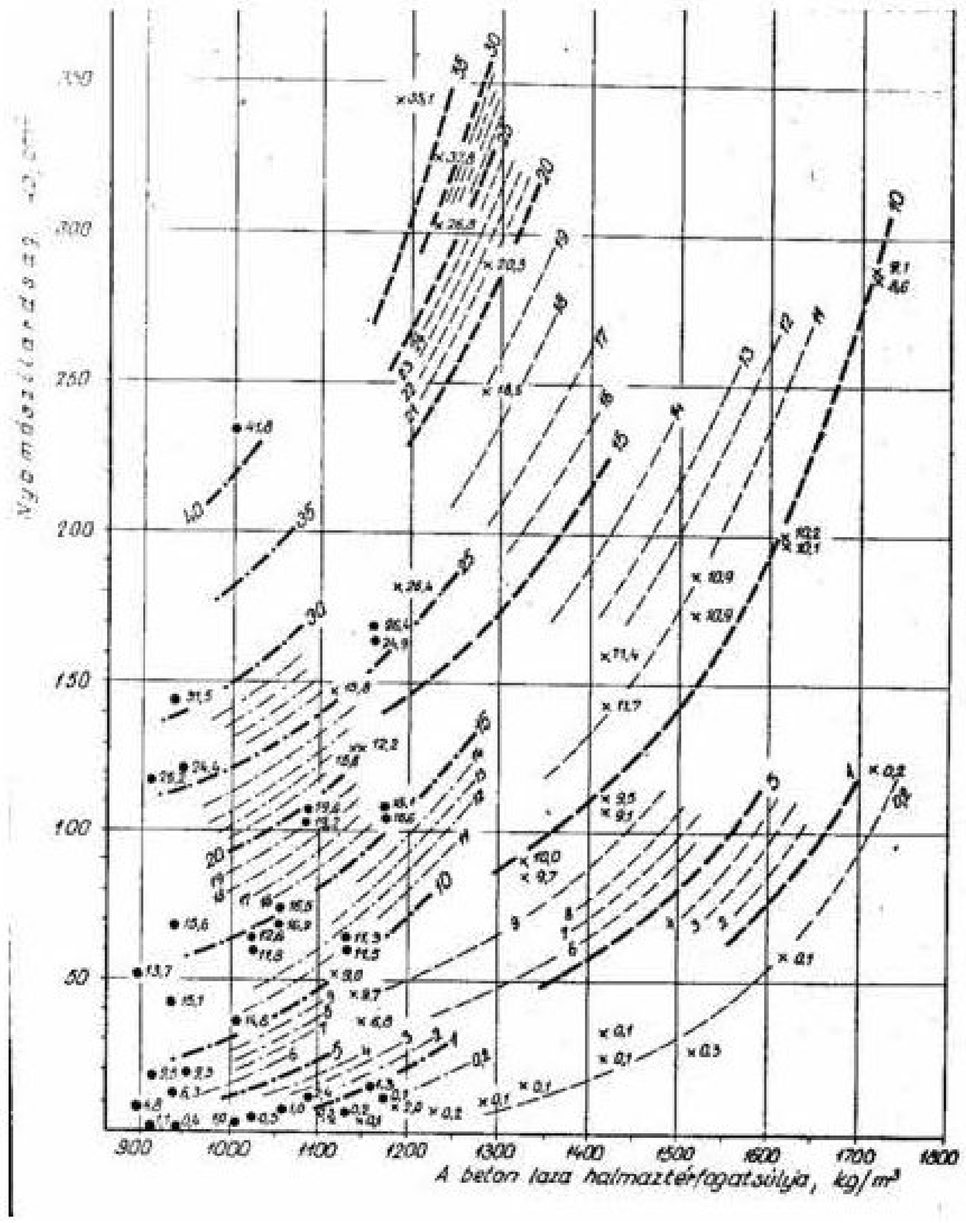
A 20.-23. ábrák adatait a 24. ábrán összesítettük. A tervezés menetére példát nem közlünk, mert az az irodalomban megtalálható [38].



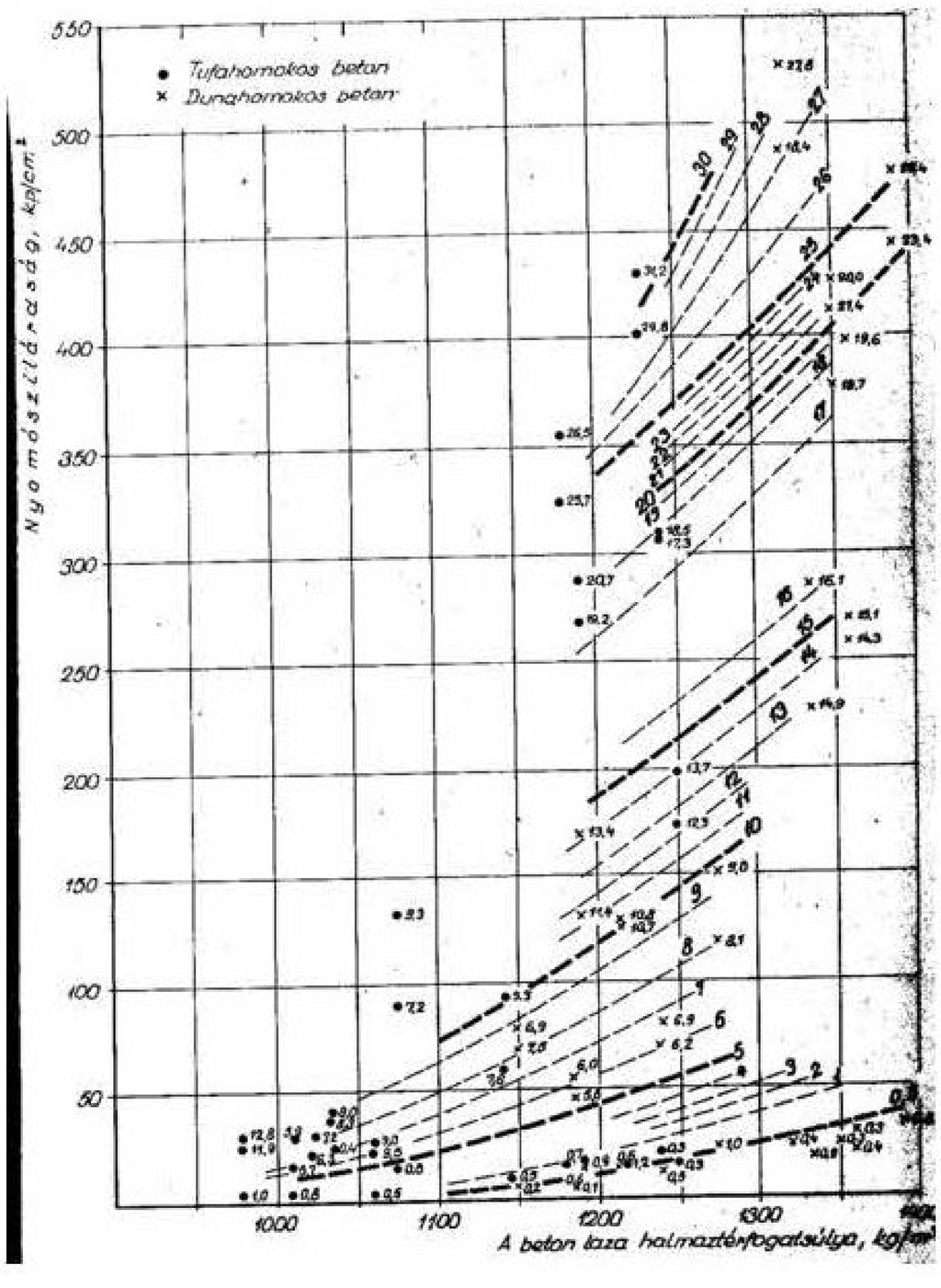
20. ábra: Keramzitbetonok laza halmaztérfogatsúlyának, bedolgozási modulusának és nyomószilárdságának összefüggése



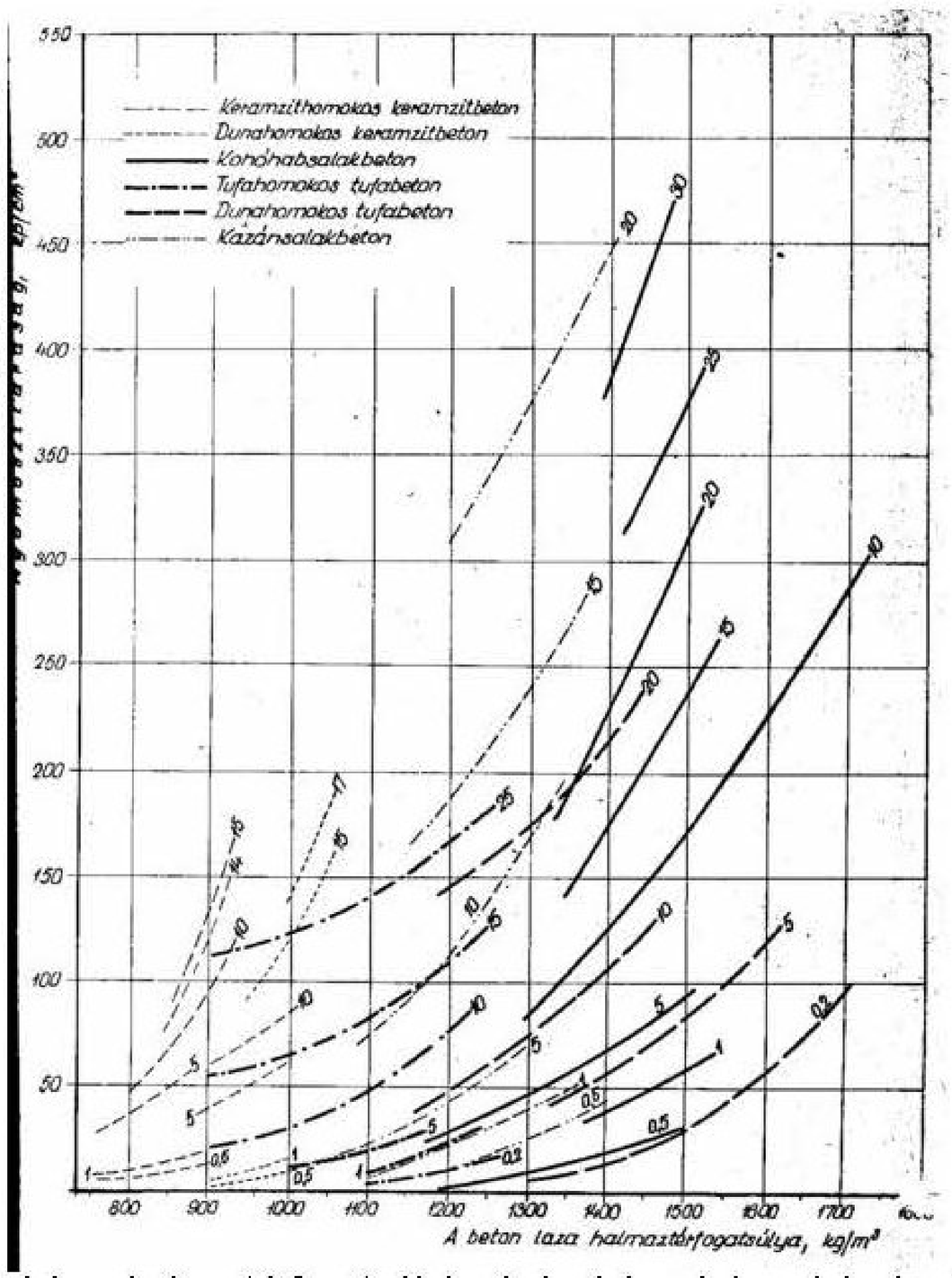
21. ábra: A kohóhabsalak betonok halmaztérfogatsúlyának, bedolgozási modulusának és nyomószilárdságának összefüggése



22. ábra: A tufabetonok halmaztérfogatsúlyának, bedolgozási modulusának és nyomószilárdságának összefüggése

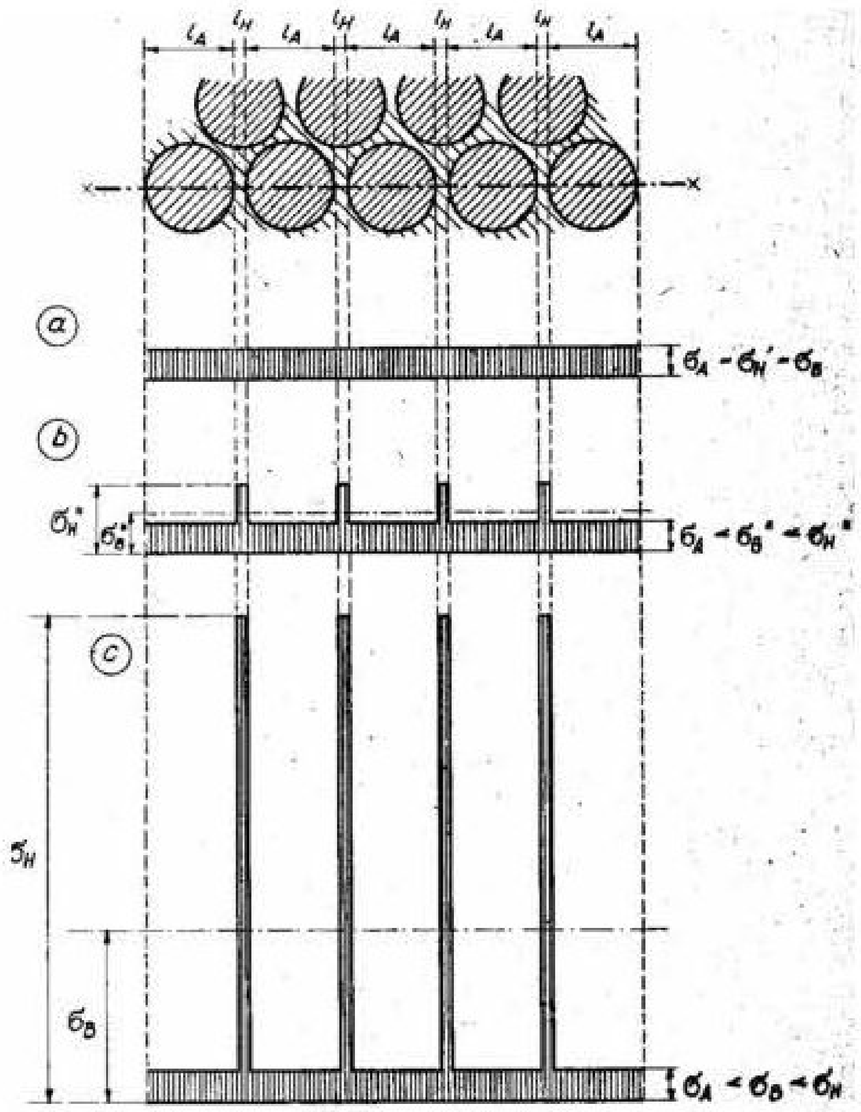


23. ábra: A kazánsalak betonok halmaztérfogatsúlyának, bedolgozási modulusának és nyomószilárdságának összefüggése



24. ábra: Könnyűbetonok laza halmaztérfogatsúlyának, bedolgozási modulusának és nyomószilárdságának összefüggése

4.22. Habarcsszilárdságon alapuló tervezési módszer



25. ábra: A feszültségek eloszlásának a modellja a könnyű adalékanyagos betonokban

A pernyekavics betonok vizsgálata során jutottunk arra a következtetésre [5], hogy a könnyűbeton struktúrájában a cementből, a 0-1 mm-es finomhomokból és a vízből álló habarcs a tulajdonképpeni szilárdsághordozó, míg a durva adalékanyag ($1\text{-}D_{max}$) csekély szilárdsága miatt a teherviselésben csekély mértékben vesz részt. Idézett Jelentésünkben közöltük azt a feltevésünket, hogy a könnyűbetonra jutó növekvő terhelés okozta feszültségek mindaddig egyenletesen oszlanak meg a beton teljes keresztmetszetében, amíg a feszültség el nem éri a habarcsváz sajátszilárdságát (a folyamat vázlata a 25. ábra, az ismertetett állapot az a) ábrarész szerinti). Ha a terhelések növelése okozta feszültség az adalékanyag sajátszilárdságát meghaladja, az plasztikus állapotba kerül, további terhet nem képes felvenni, s így a habarcsvázban növekvő feszültségek ébrednek (25/b ábra). Ha a növekvő terhelés hatására a habarcs feszültsége eléri sajátszilárdságát, akkor a beton tönkremegy (25/c ábra).

A tönkremenetel pillanatában a habarcsban lévő feszültség egyenlő a habarcsszilárdsággal ($\sigma_H = K_H$), az adalékanyagban lévő feszültség egyenlő az adalékanyag szilárdságával ($\sigma_A = K_A$), s a 25/c ábra szerint a $\sigma_B = K_B$ átlagos betonszilárdság a feszültségábra területegyenlősége alapján számítható:

$$(K_B - K_A) \times l_A = (K_H - K_B) \times l_H \qquad \text{(XI)}$$

és ebből:

$$K_B = \frac{K_A \times l_A + K_H \times l_H}{l_A + l_H} \qquad \text{(XII)}$$

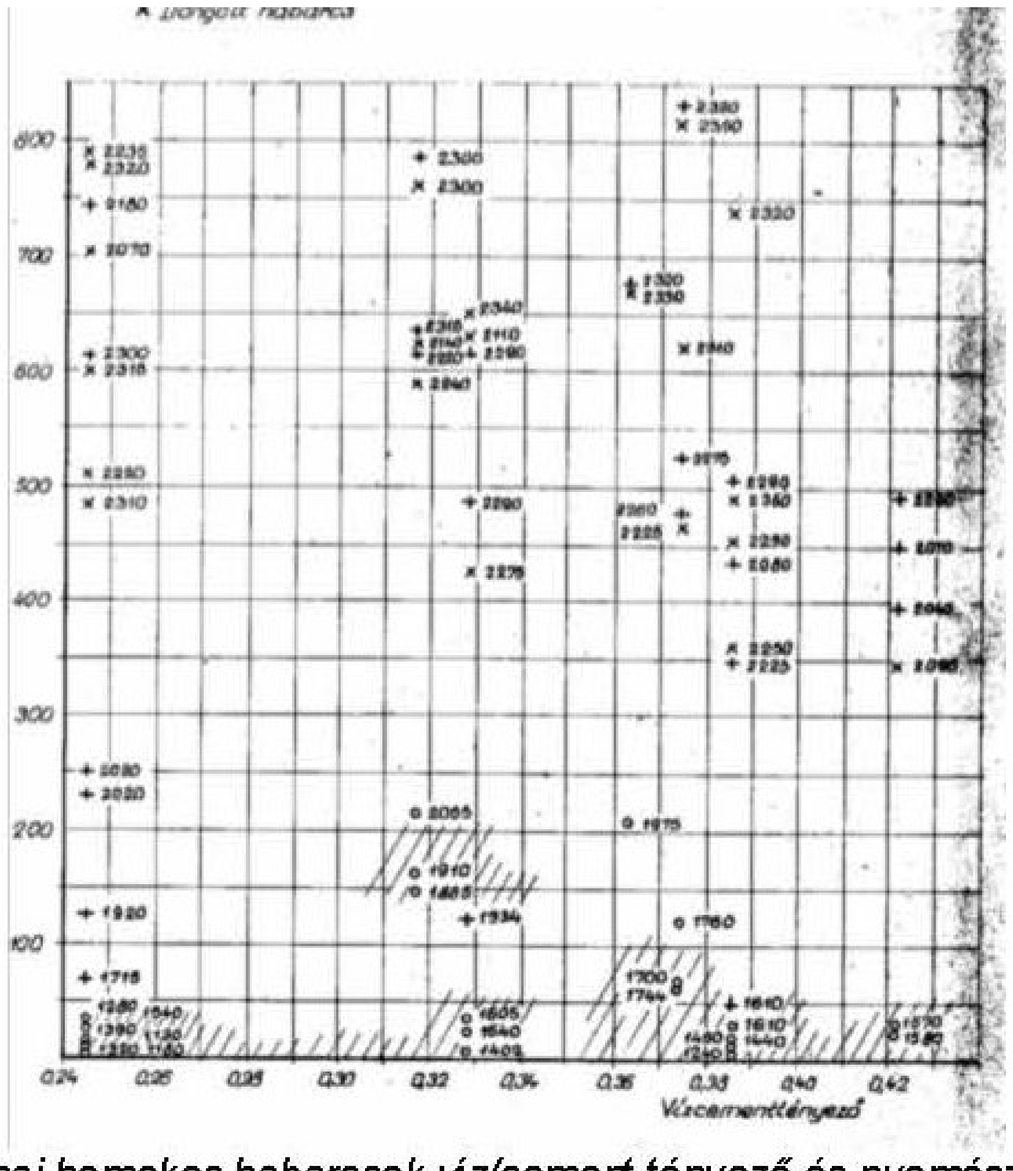
Ha a síkmetszetről áttérünk a beton teljes térfogatára, akkor az l_A átlagos adalékanyag átmérő helyett V_A adalékanyag térfogat, az l_H habarcsvastagság helyett V_H habarcstérfogat vehető figyelembe, és ekkor

$$K_B = \frac{K_A \times V_A + K_H \times V_H}{V_A + V_H} \qquad \text{(XIII)}$$

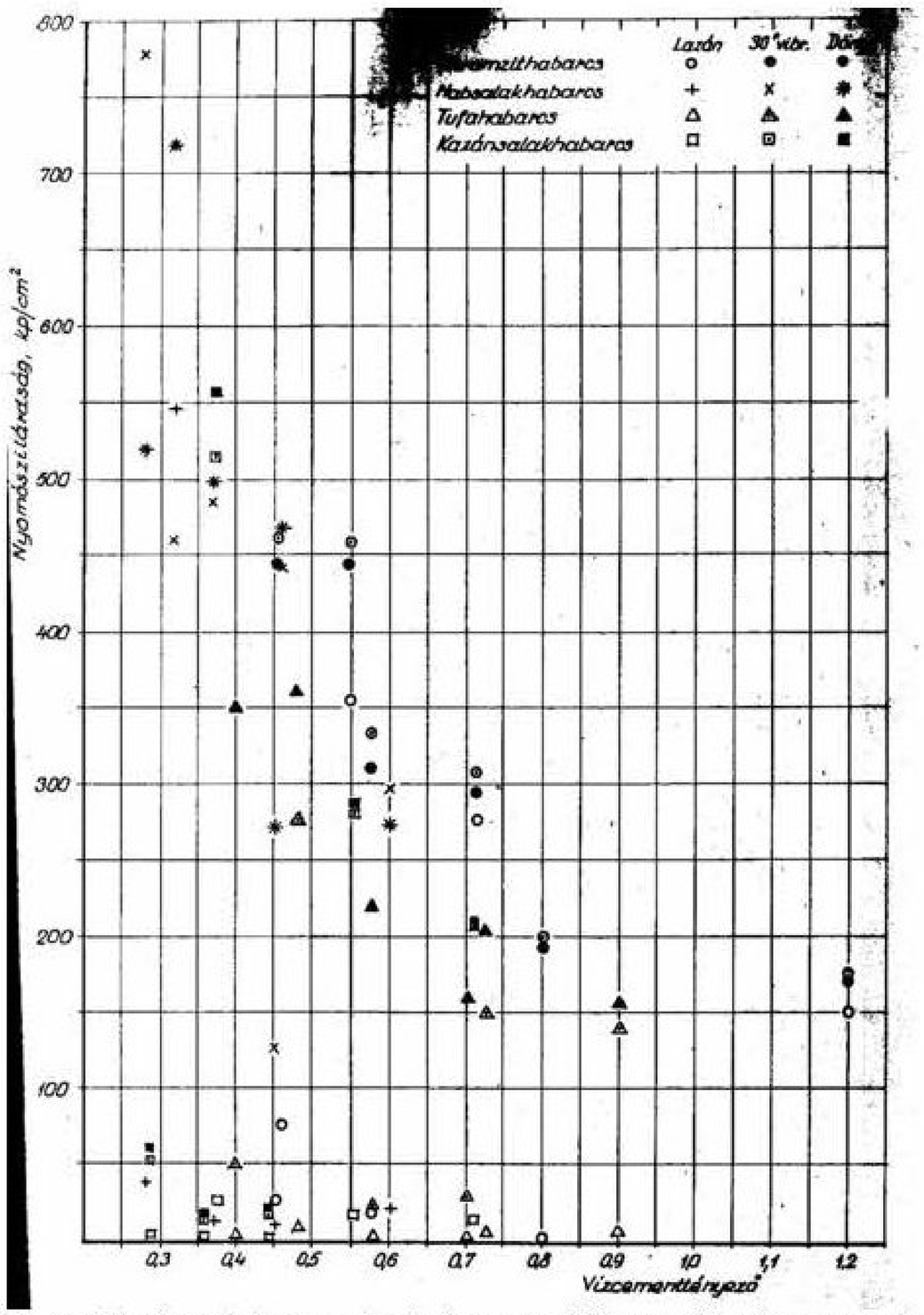
Természetese tudtában voltunk annak, hogy ez a leegyszerűsített feszültségábra csak első közelítésnek tekinthető, és a beton szilárdságát egyéb jellemzők, pl. a beton pórustartalma (P) és az adalékanyag felületi tulajdonságai (n) nagymértékben befolyásolhatják. Ezért elméleti összefüggésként az alábbi egyenletet állítottuk fel:

$$K_B = \frac{K_A \times V_A + K_H \times V_A}{V_A + V_A} \times \left(\frac{1}{P}\right)^n \qquad \text{(XIV)}$$

Jelen dolgozatban ismertetett kísérleteink során ennek az összefüggésnek az érvényességét is megvizsgáltuk. A vizsgálatok leglényegesebb része a betömörített betonban lévő habarcs szilárdságának a meghatározása volt. A 3. fejezetben leírt vizsgálatok alkalmával a 2. táblázat szerinti keverési arányú habarcsokból készített próbatestek vizsgálati eredményeit a 3.-8. táblázatokban adtuk meg. Ezekből az adatokból a habarcsszilárdságot befolyásoló legfontosabb paraméter kiválasztása érdekében megvizsgáltuk a szilárdság és a víz/cement tényező összefüggését, az eredményeket a 26.-27. ábrákon adtuk meg. Az ábrák szerint nem állapítható meg értékelhető összefüggés.



26. ábra: A dunai homokos habarcsok víz/cement tényező és nyomószilárdság adatai



27. ábra: Könnyűbeton habarcsok víz/cement tényezője és nyomószilárdsága

A pórustartalom és a nyomószilárdság adatait a 28.-29. ábrán tüntettük fel. A dunahomokkal készült habarcsok nyomószilárdsága a pórustartalom csökkenése esetében ugyan növekszik, de a mérési adatok terjedelme túlságosan nagy ahhoz, hogy az összefüggést a terve-

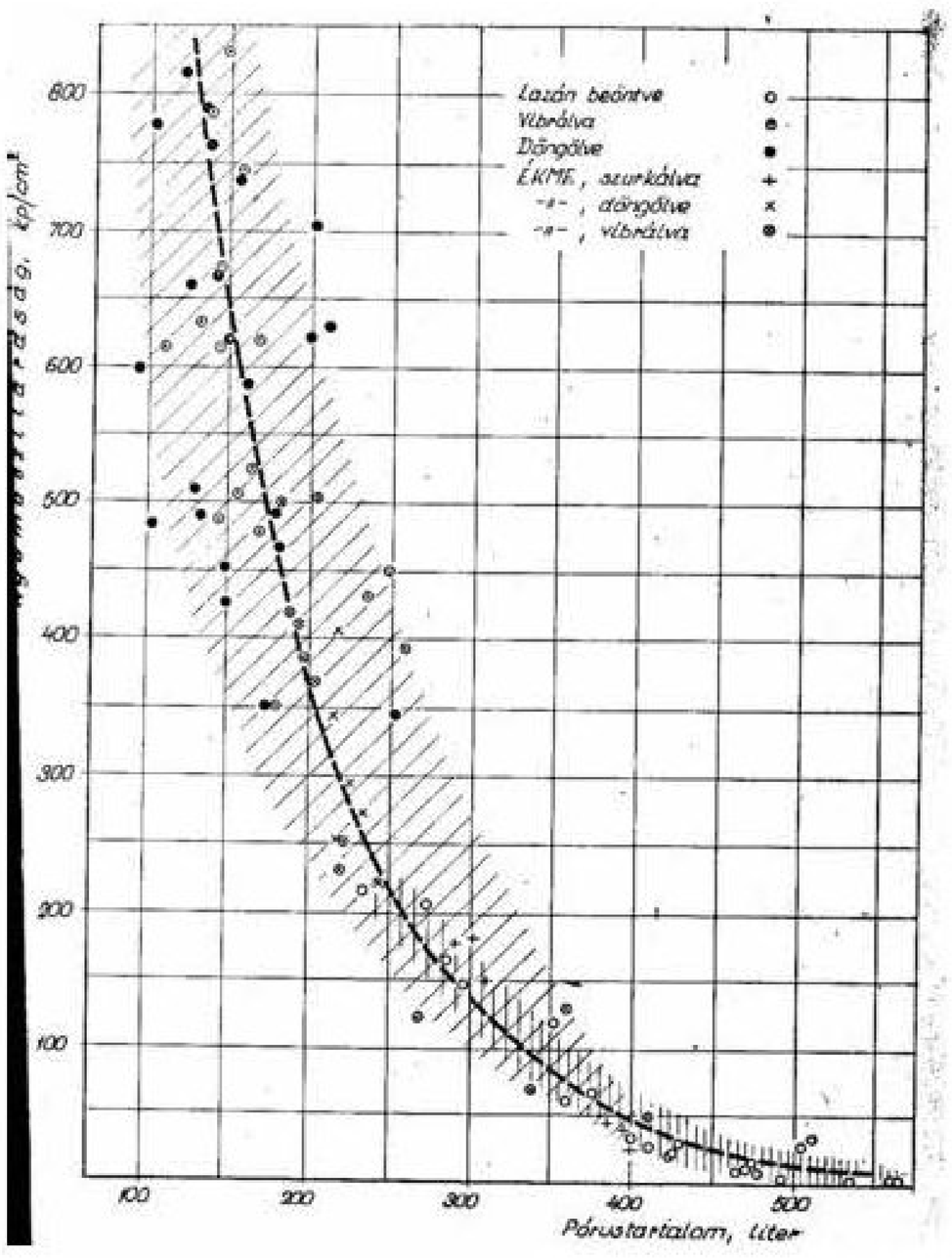
zésben fel lehessen használni. Ugyanez állapítható meg a 29. ábra alapján a könnyűhomokos habarcsokra is.

A víz+levegő/cement tényező és a nyomószilárdság összefüggése a 30.-31. ábrákon látható, de az adatok szerint az adott víz+levegő/cement tényezőkhöz tartozó nyomószilárdságok terjedelme nagyobb annál, mintsem tervezési értékként alkalmazható lenne.

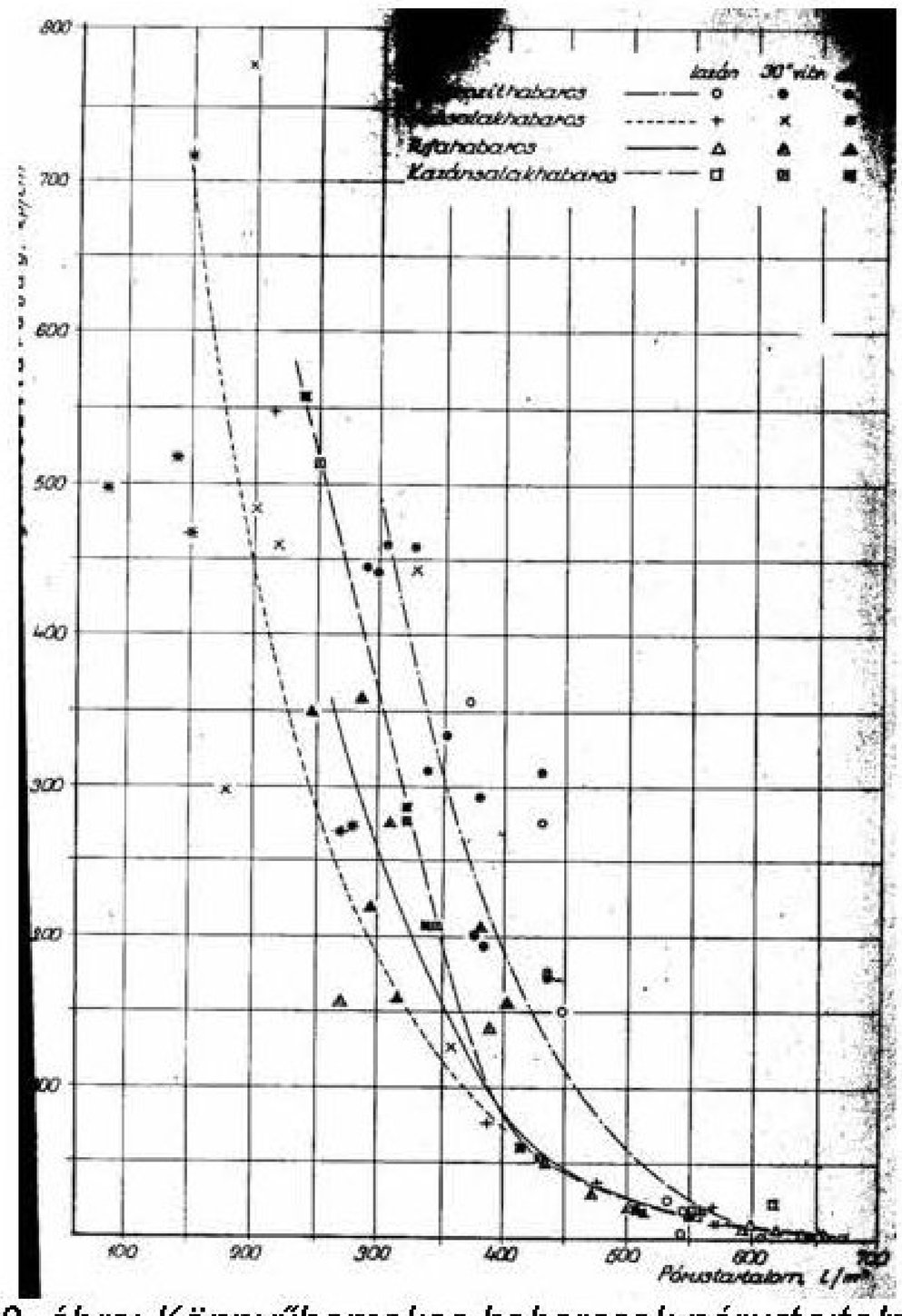
Ezért a habarcsszilárdság meghatározásához részletesen foglalkozni kellett a cementtartalom, a nyomószilárdság és a térfogatsúly összefüggésének a vizsgálatával, figyelembe véve a tömörítés módját és a beton keverési arányát. E két összefüggés (cementtartalom-térfogatsúly és cementtartalom-nyomószilárdság) segítségével meghatározható a cementtartalom-térfogatsúly-nyomószilárdság kapcsolata is. Az eredményeket a 32.-49. ábrákon rajzoltuk meg. Az ábrák segítségével az adott habarcsanyagok szilárdsága és térfogatsúlya bármilyen összetétel mellett megállapítható.

A 32.-49. ábrákban megadott tulajdonságú habarcsokból s az 1-D_{max} mm szemnagyságú adalékanyagokból készített betonok vizsgálati eredményeit a 9.-18. táblázatokban közöljük. A táblázatokban megadott betonösszetételekből kiszámítható a betonban lévő habarcs cementtartalma és térfogatsúlya a következők szerint.

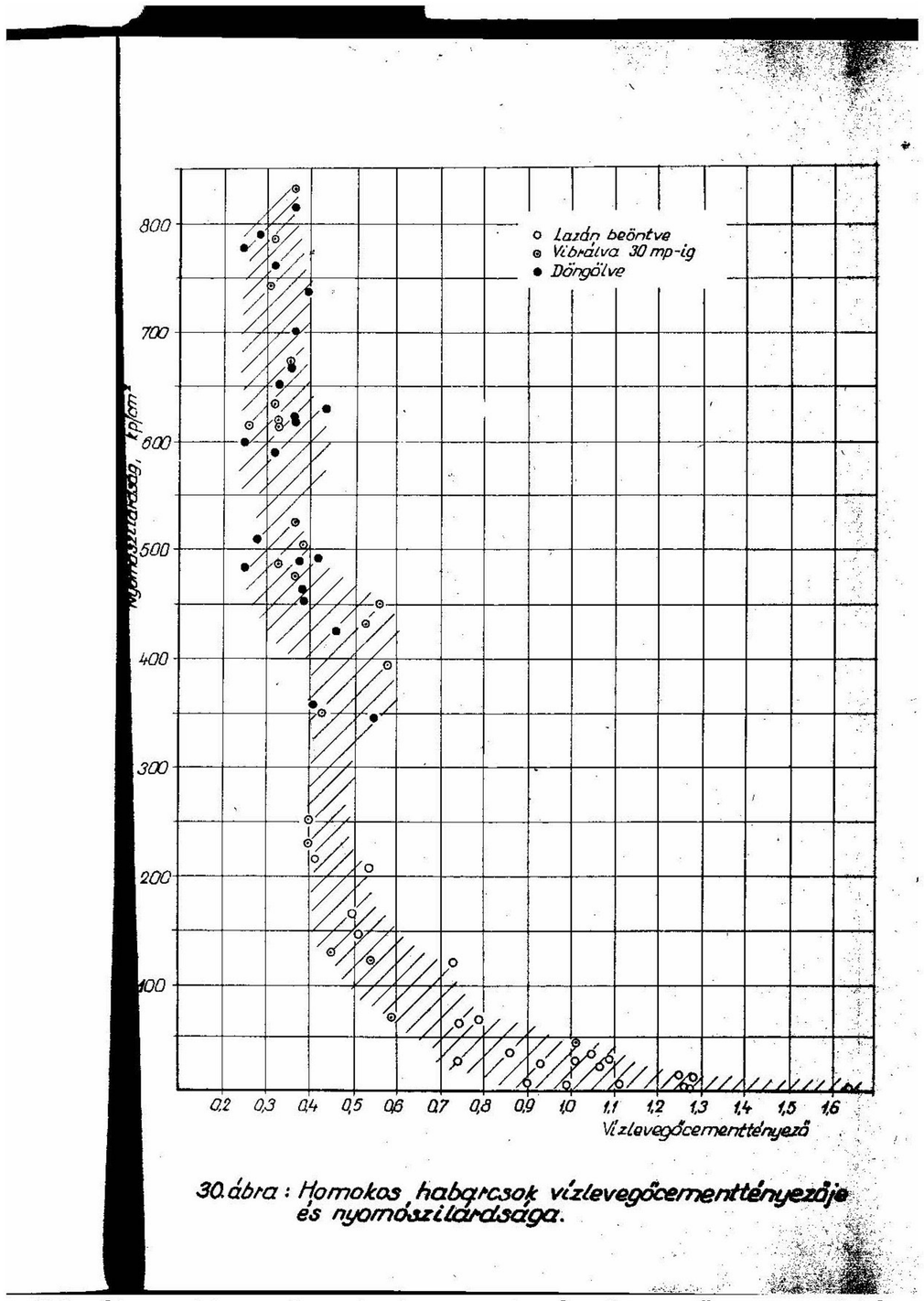
Megjegyzés: A szöveg a 49. ábrát követően folytatódik



28. ábra: Homokos habarcsok pórustartalma kiszárított állapotban és a habarcs nyomószilárdsága

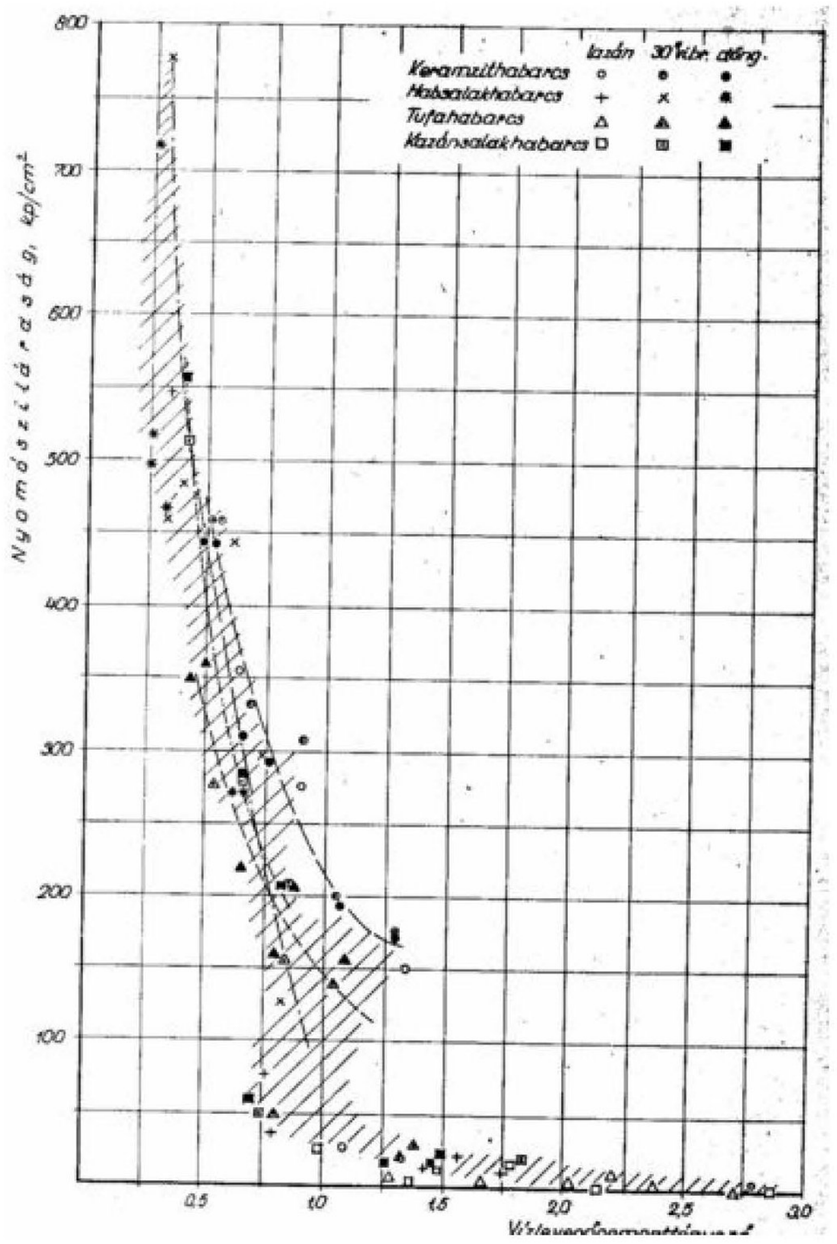


29. ábra: Könnyűhomokos habarcsok pórustartalma kiszárított állapotban és a habarcs szilárdsága

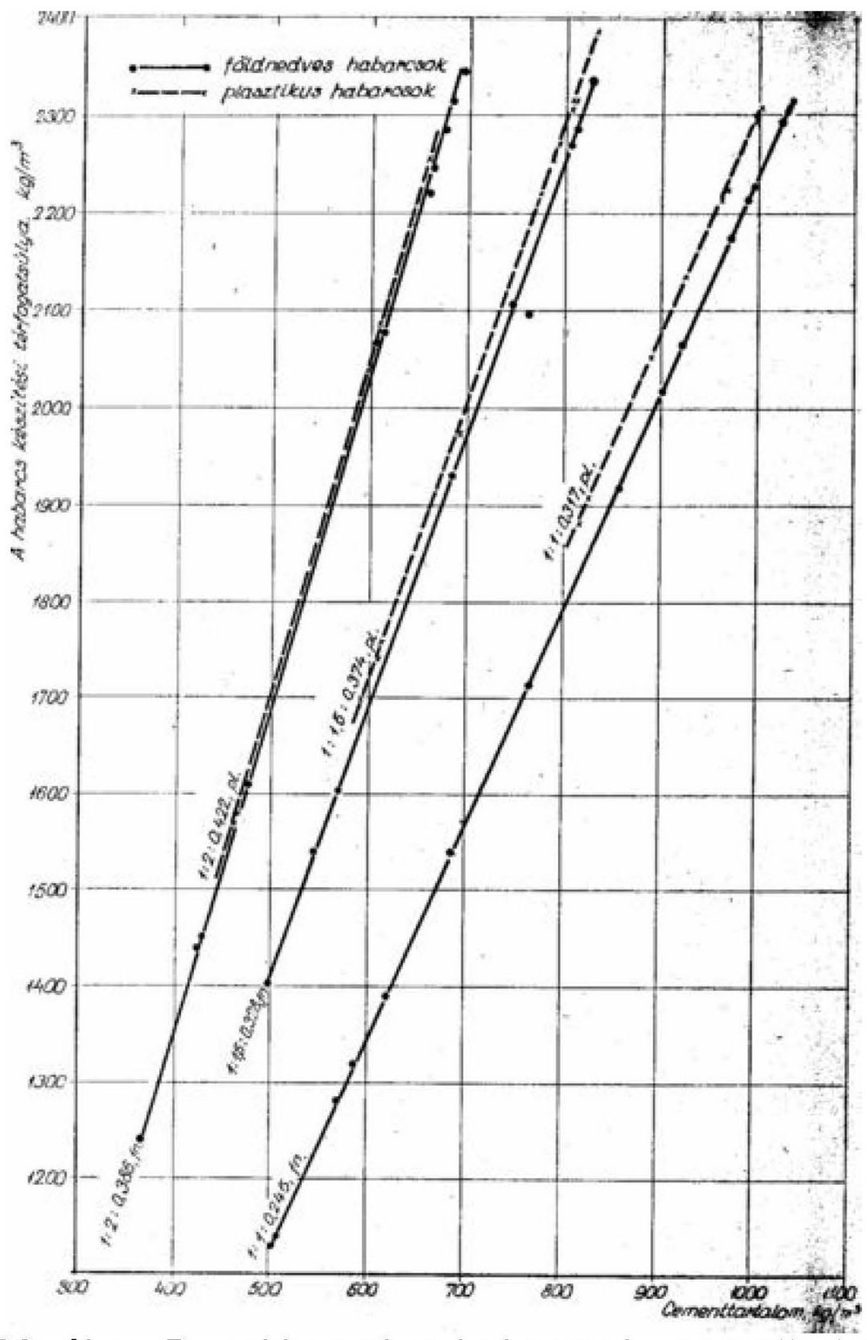


30.ábra : Homokos habarcsok vízlevegőcementtényezője és nyomószilárdsága.

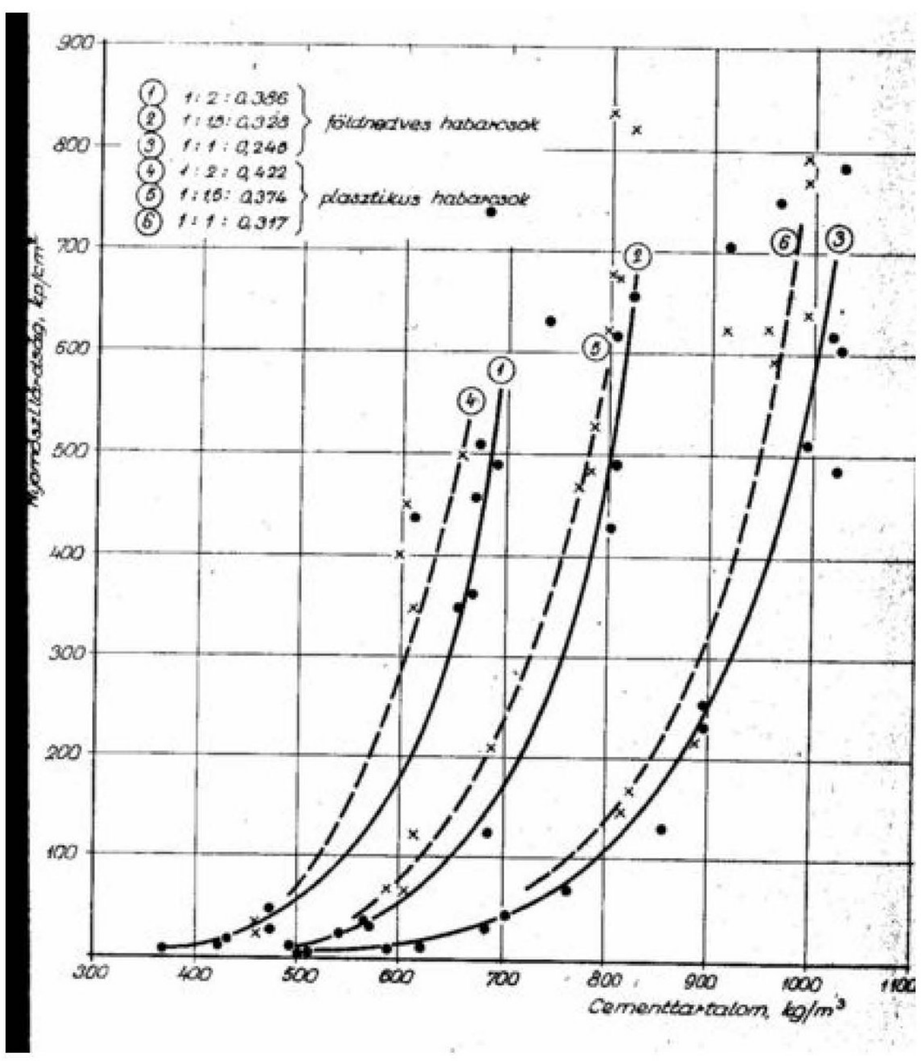
30. ábra: Homokos habarcsok víz+levegő cement tényezője és nyomószilárdsága



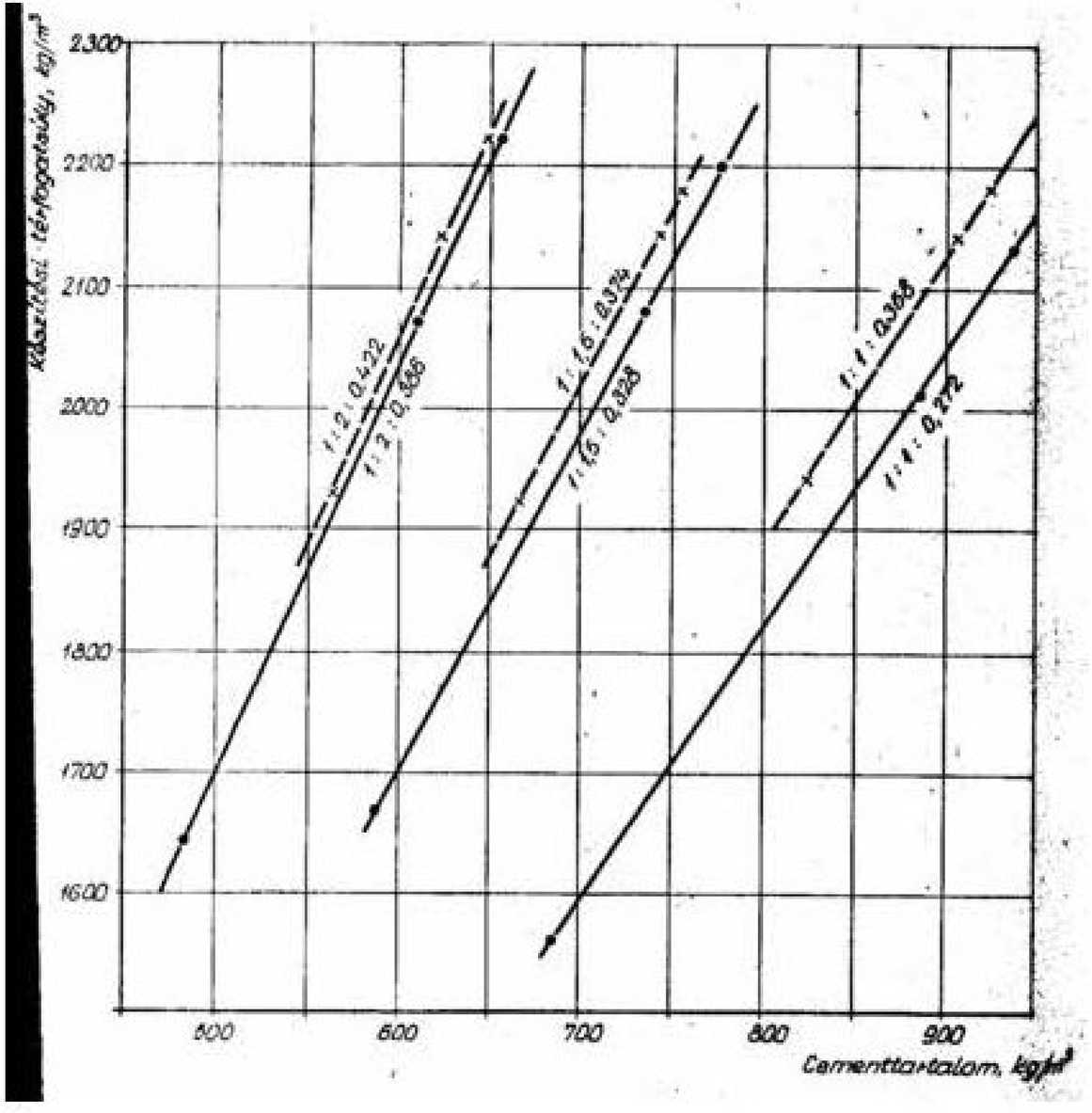
31. ábra: Könnyűhomokos habarcsok víz+levegő/cement tényezője és nyomószilárdsága



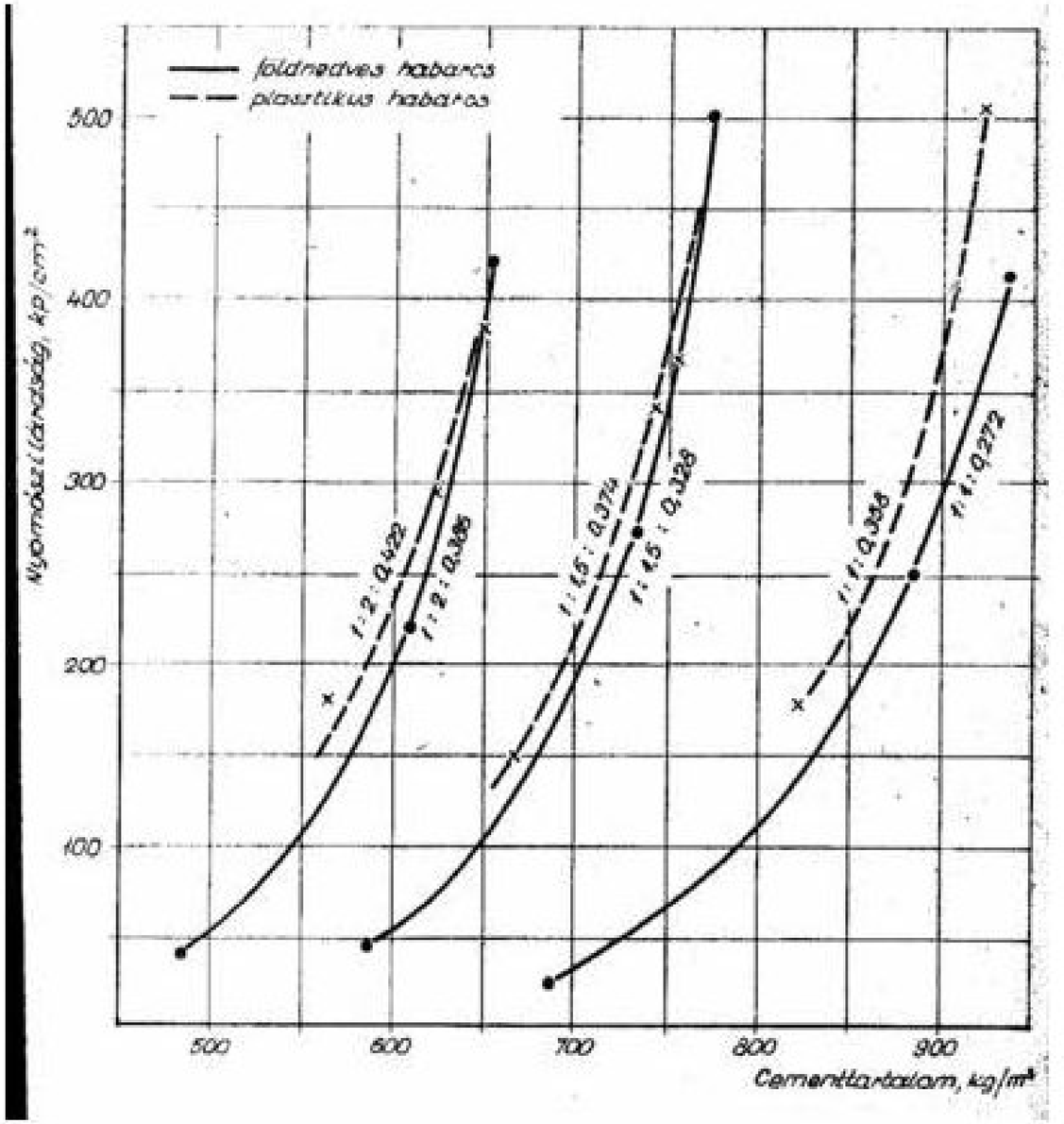
32. ábra: Dunai homokos habarcsok cementtartalmának és készítési térfogatsúlyának összefüggése



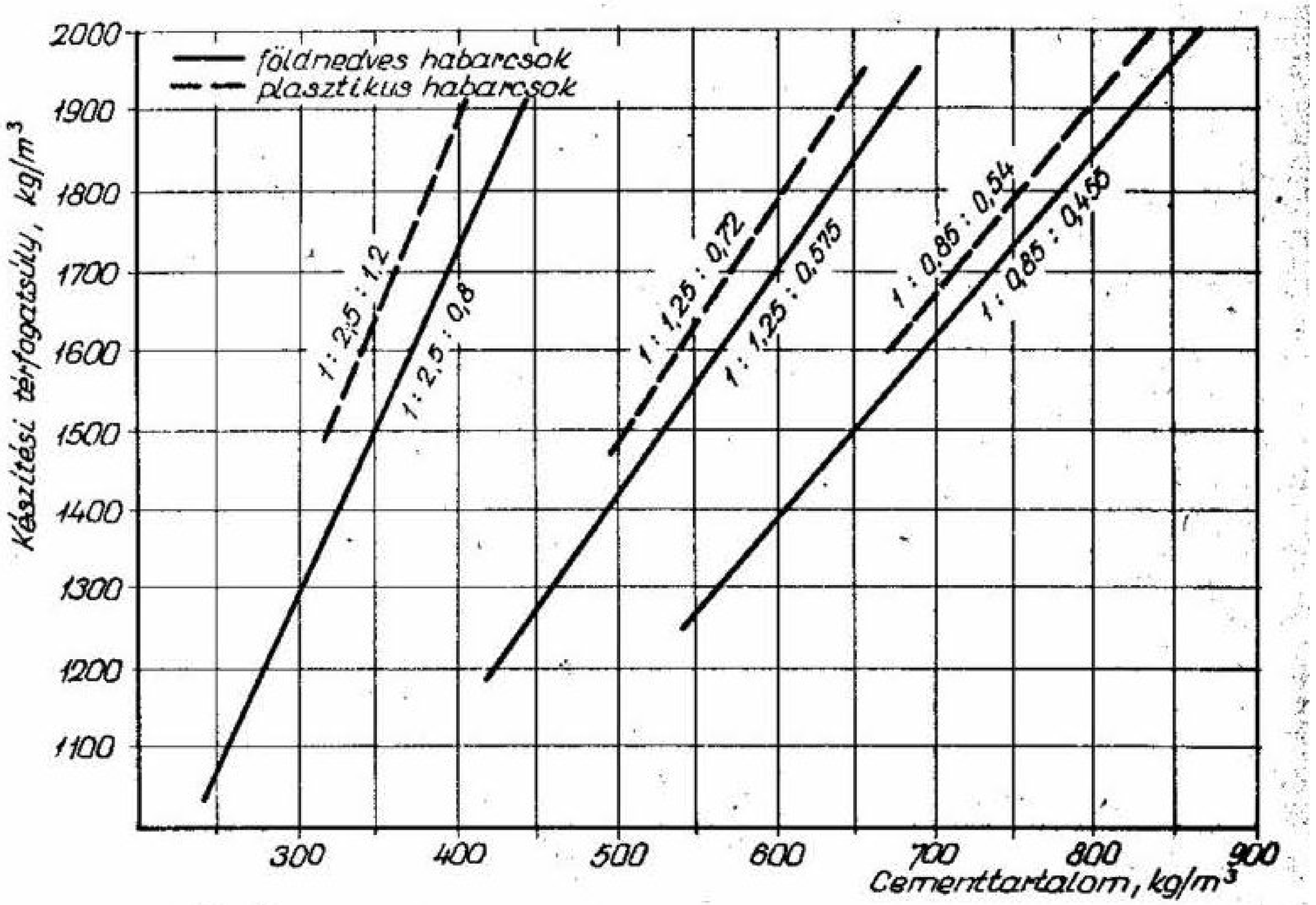
33. ábra: Dunai homokos habarcsok cementtartalmának és nyomószilárdságának az összefüggése



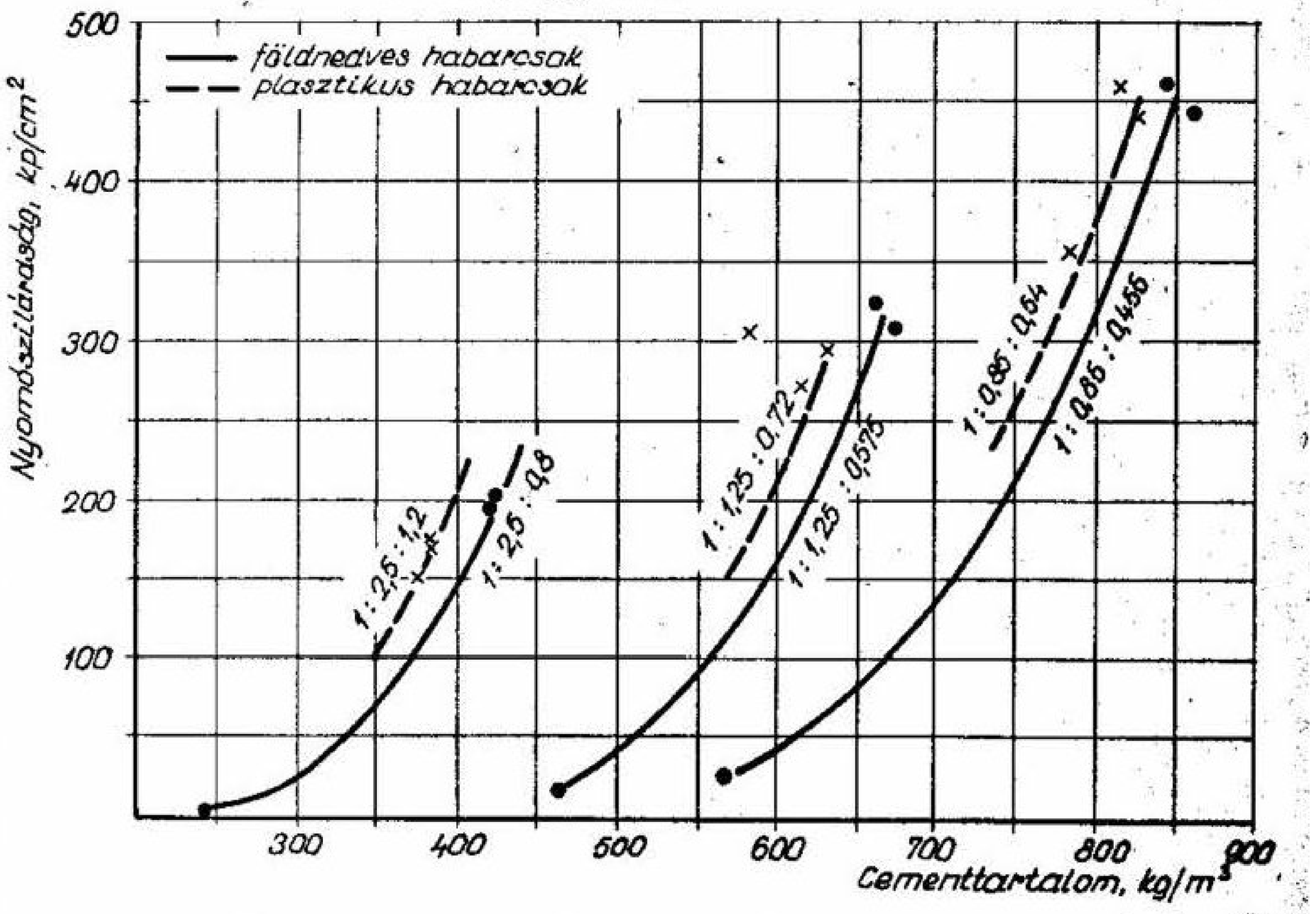
34. ábra: Dunai homokos habarcsok cementtartalmának és készítési térfogatsúlyának az összefüggése az ÉKME vizsgálatai alapján



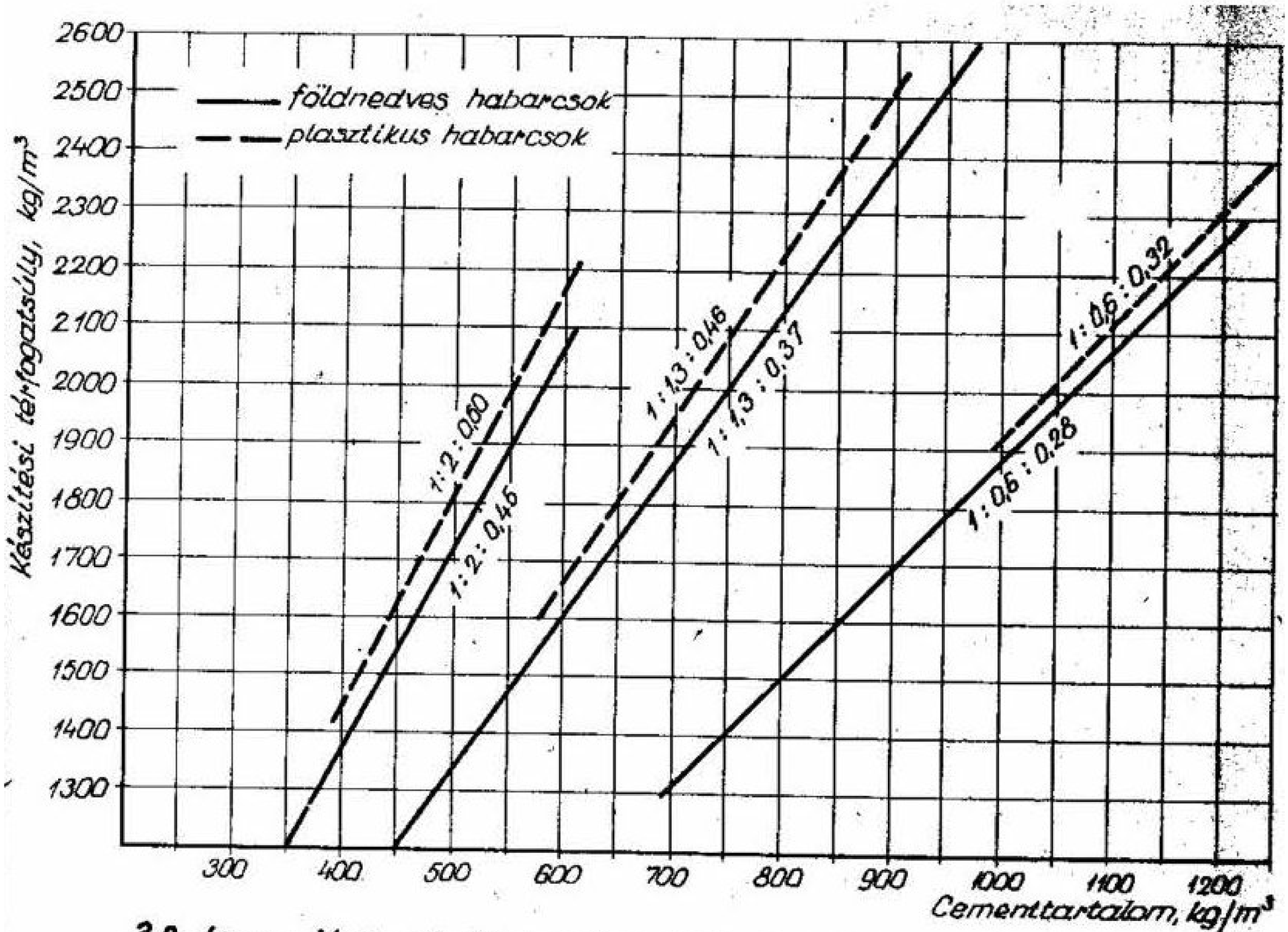
35. ábra: Az ÉKME dunai homokos habarcs vizsgálatai alapján a cementtartalom és a nyomószilárdság összefüggése



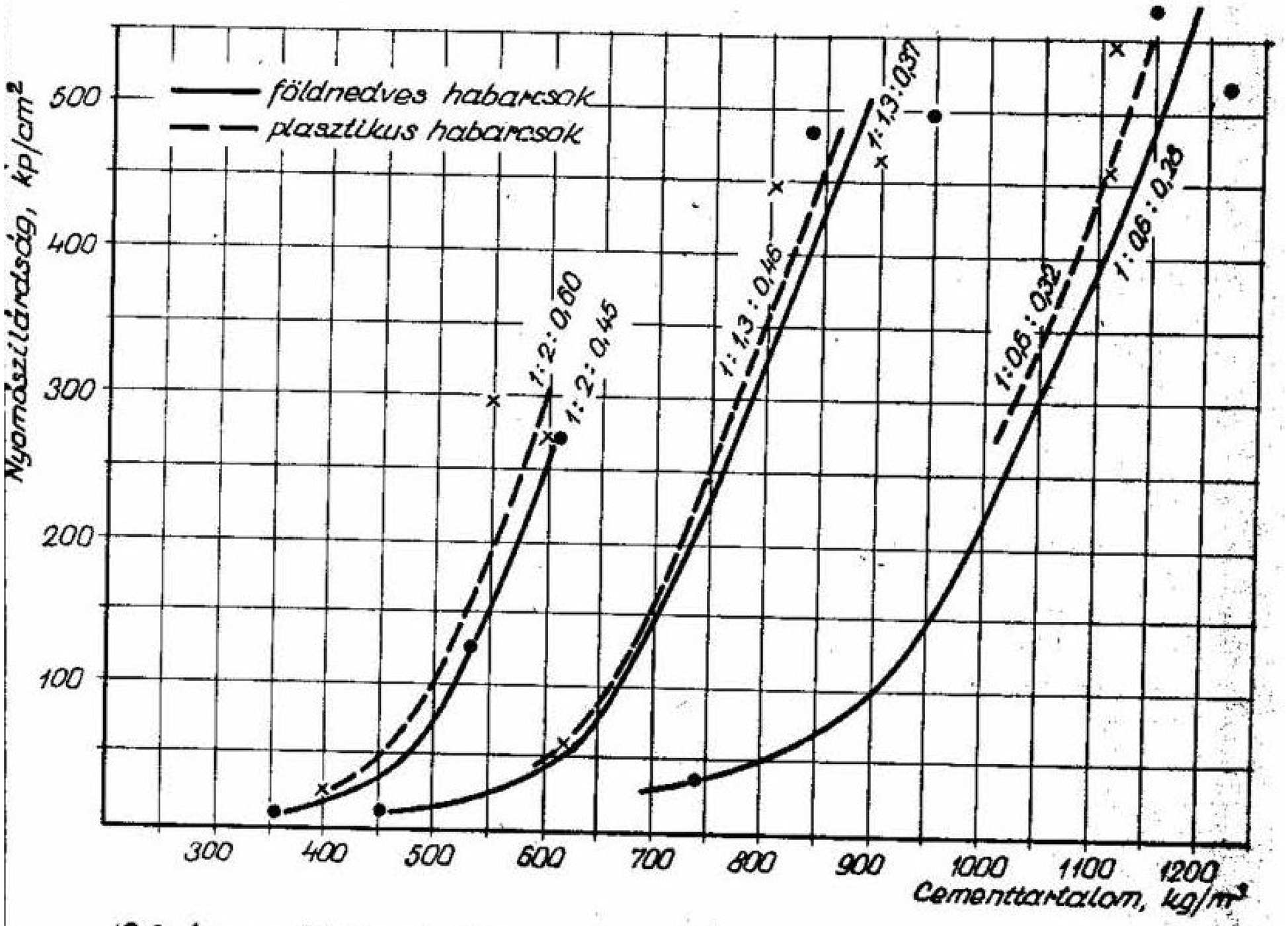
36. ábra : Keramzithomokos habarcsok cementtartalmának és készítési térfogatsúlyának összefüggése.



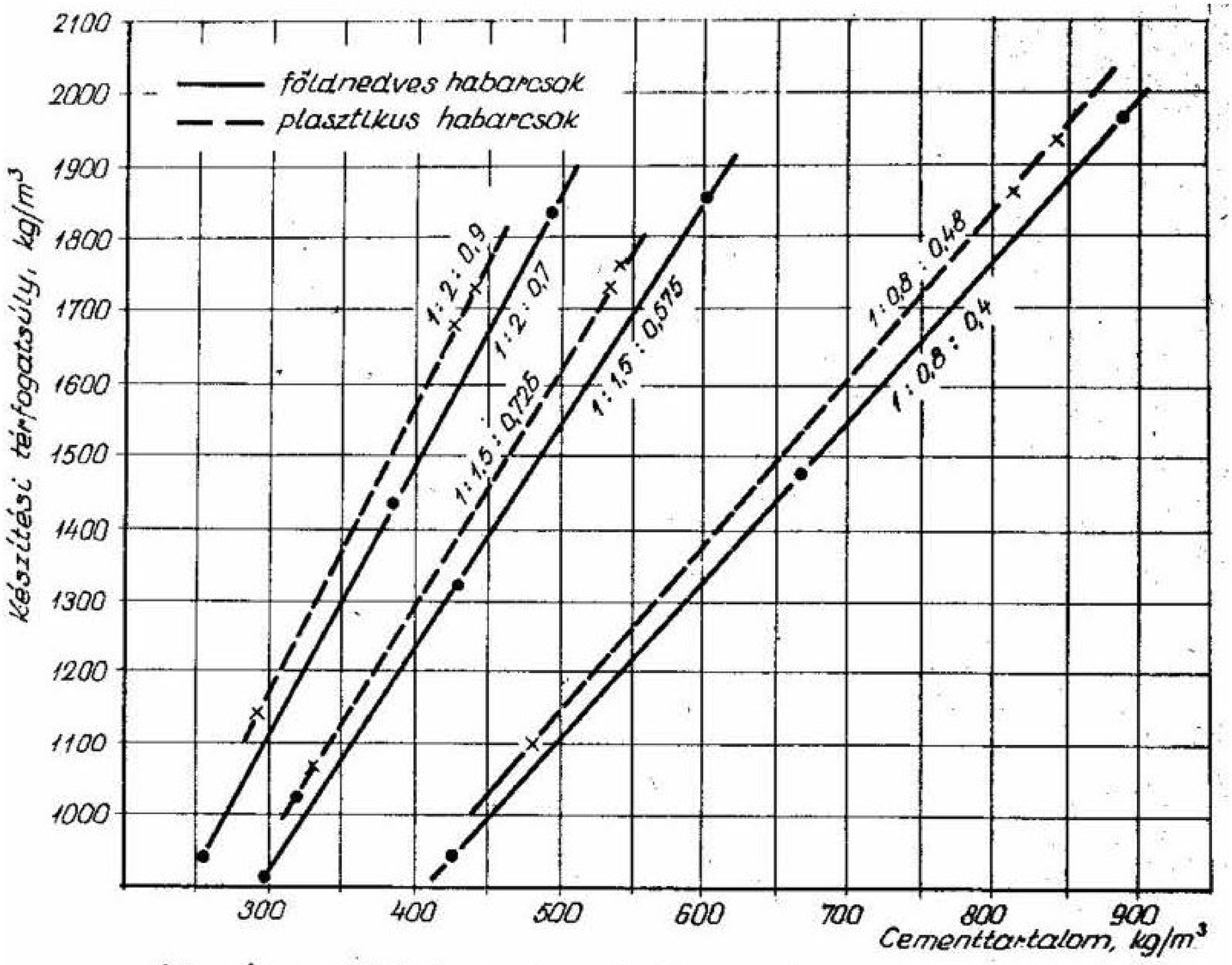
37. ábra: Keramzithomokos habarcsok cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése.



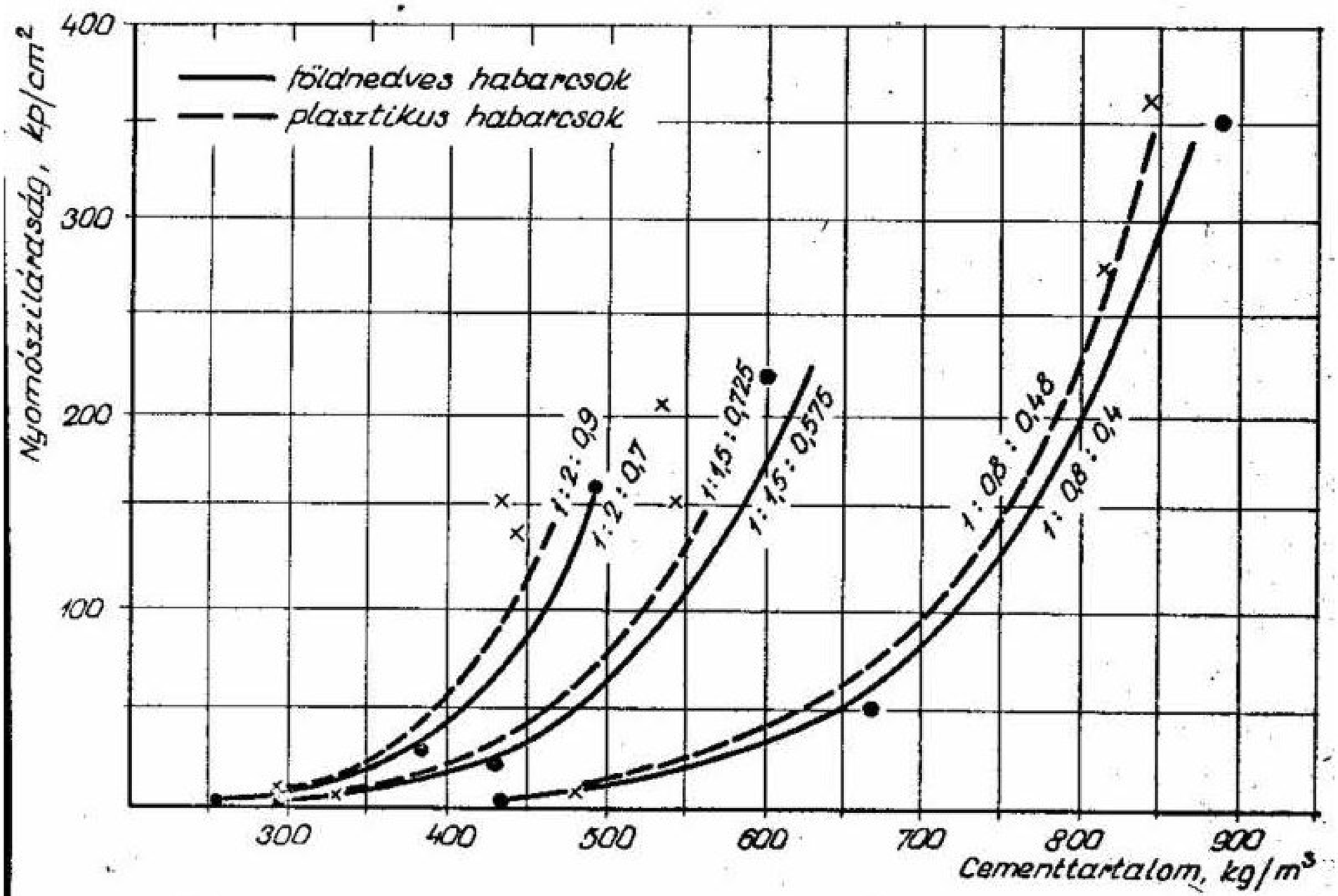
38. ábra: Habsalakhomokos habarcsok cementtartalmának és készítési térfogatsúlyának összefüggése.



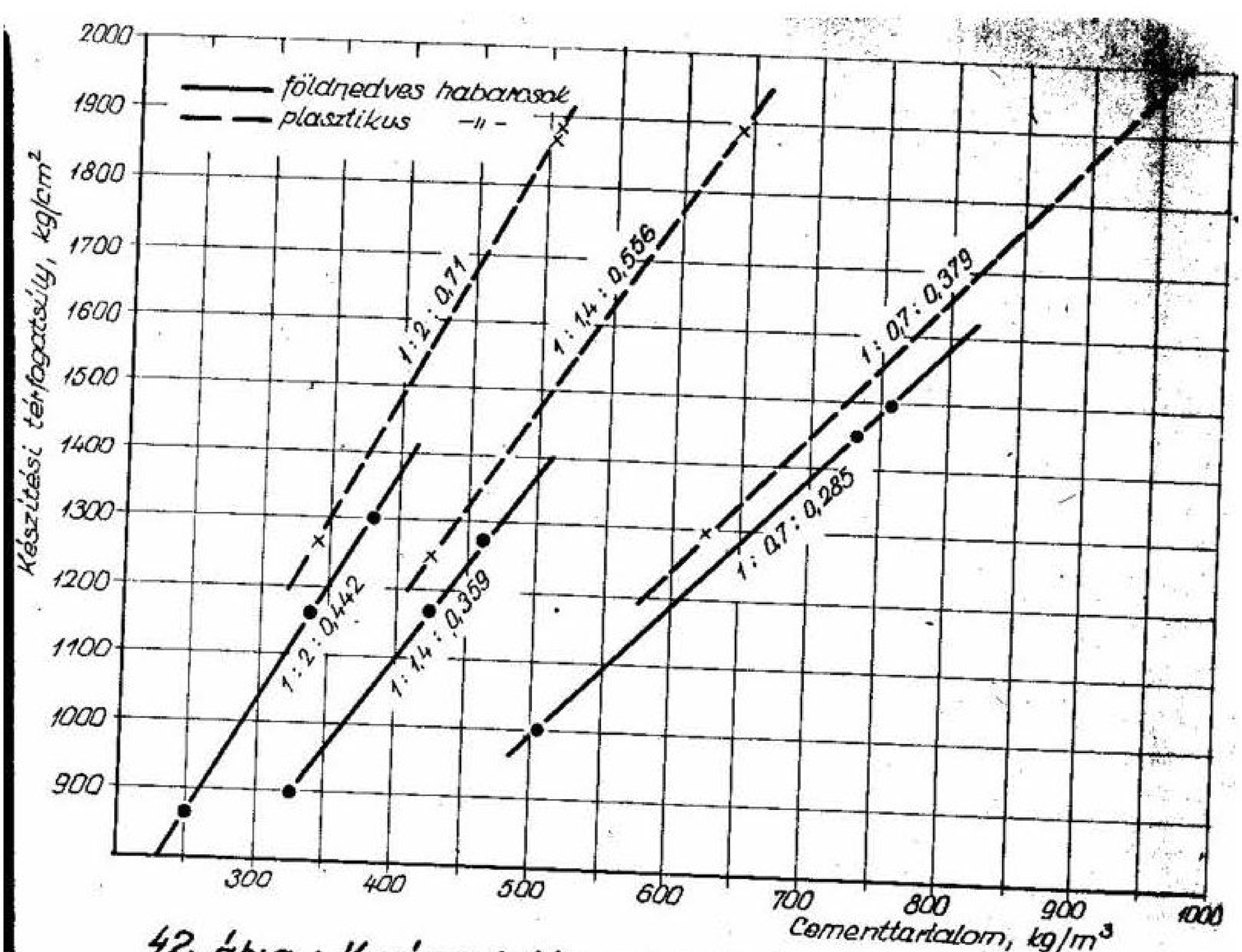
39. ábra: Habsalakhomokos habarcsok cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése.



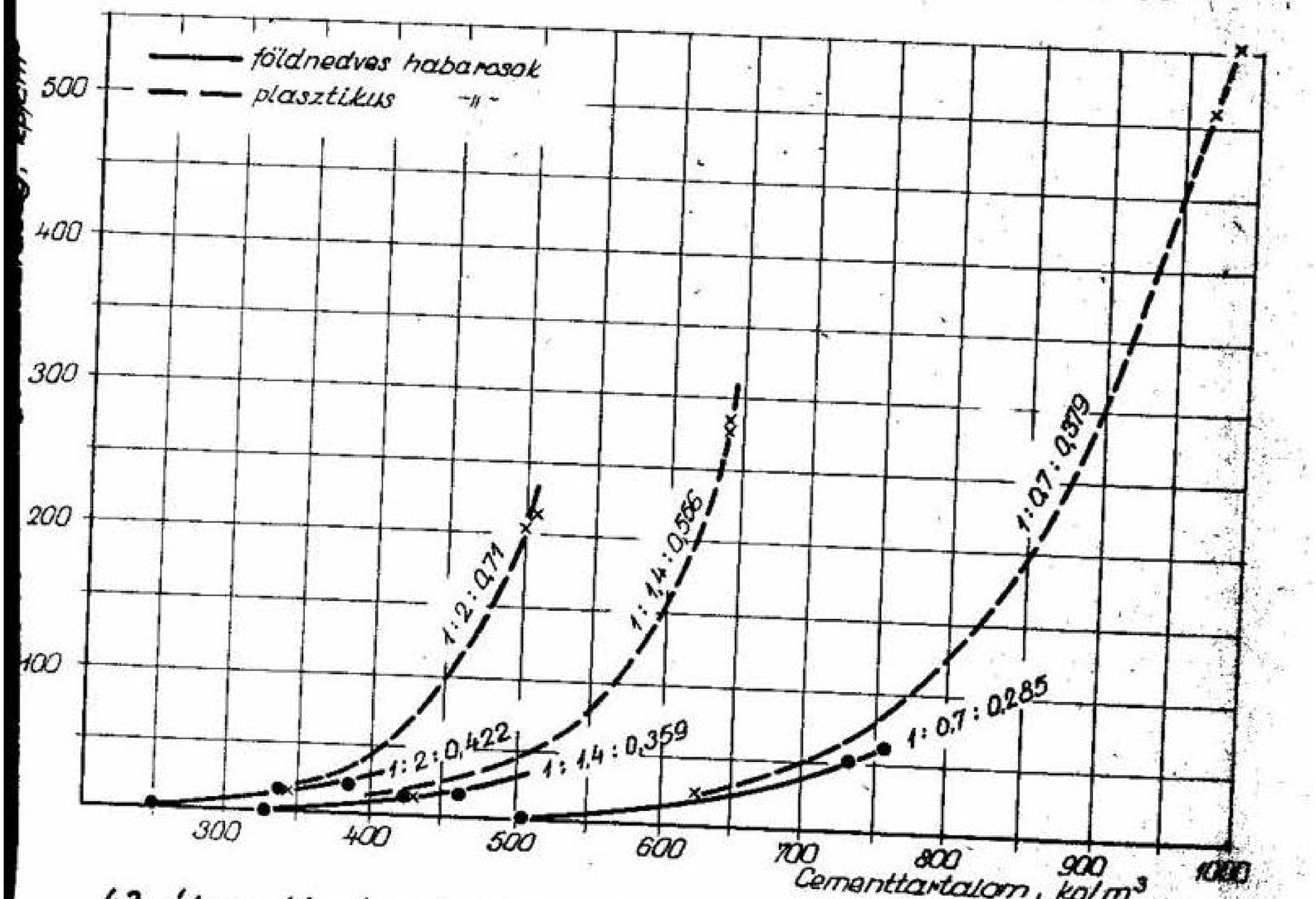
40 . ábra : Tufahomokos habarcsok cementtartalmának és készítési térfogatsúlyának összefüggése,



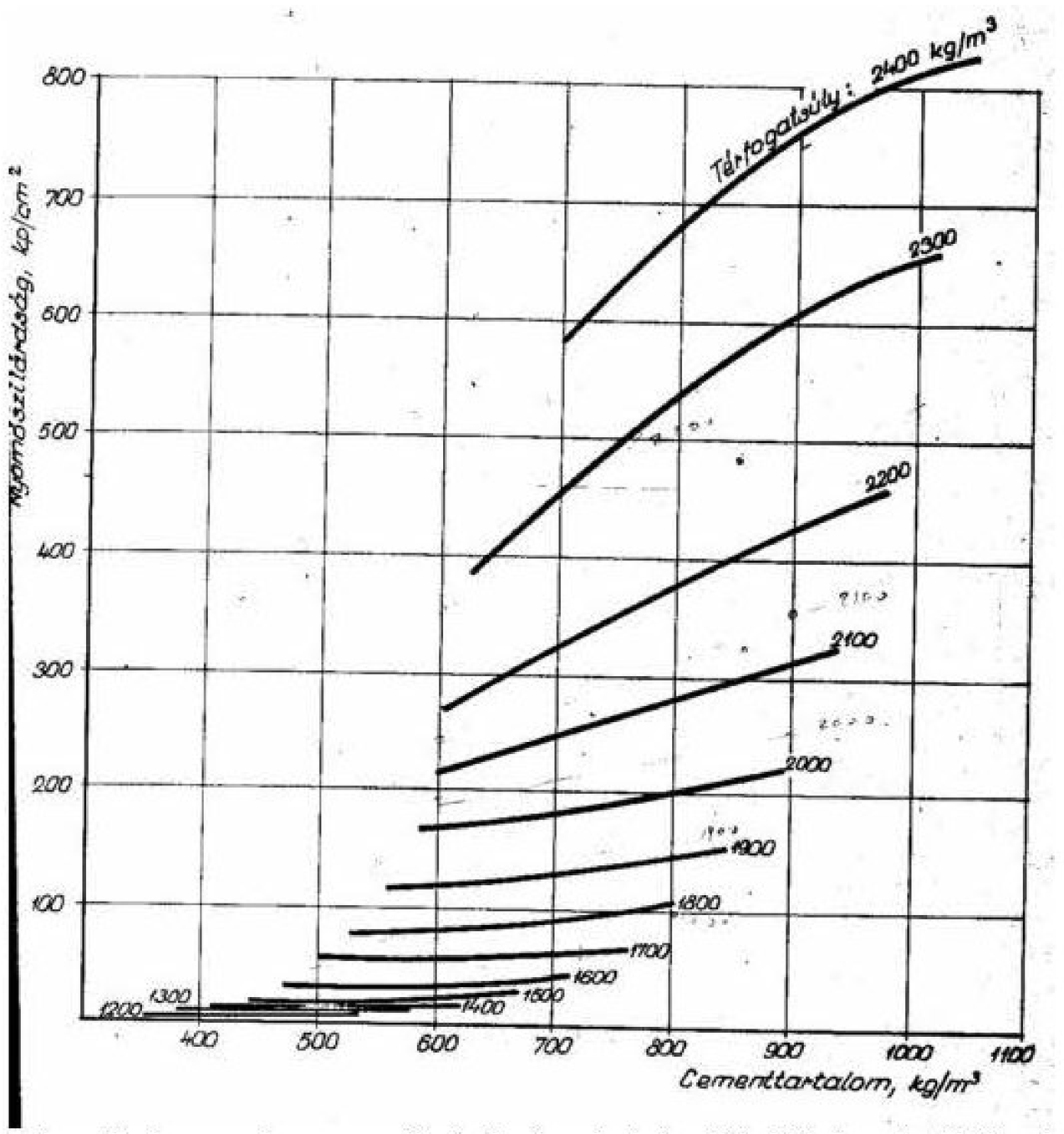
41 .ábra : Tufahomokos habarcsok cementtalmának és nyomószilárdságának összefüggése.



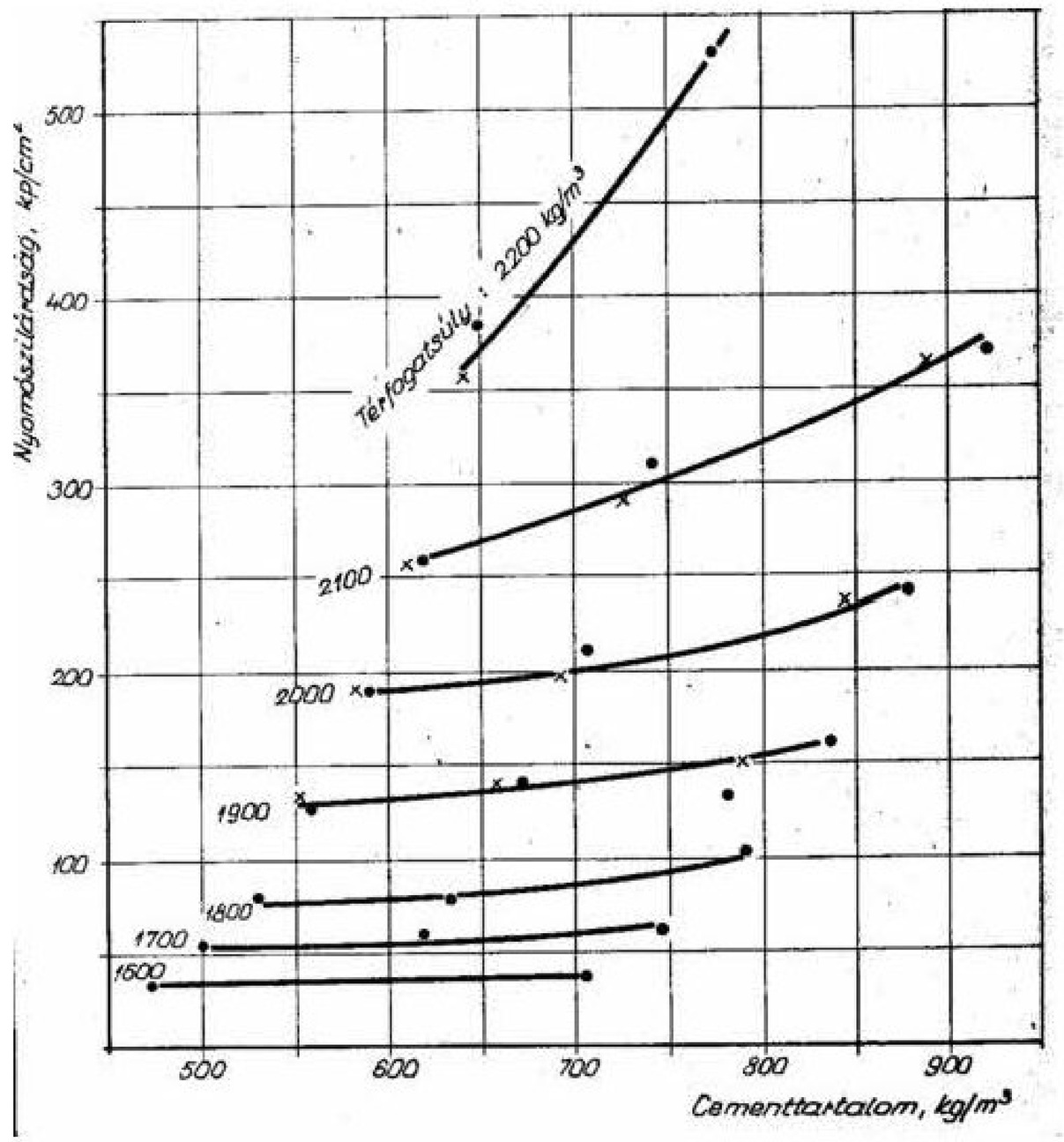
42. ábra : Kazánsalakhomokos habarcsok cementtartalmának és készítési térfogatsúlyának összefüggése.



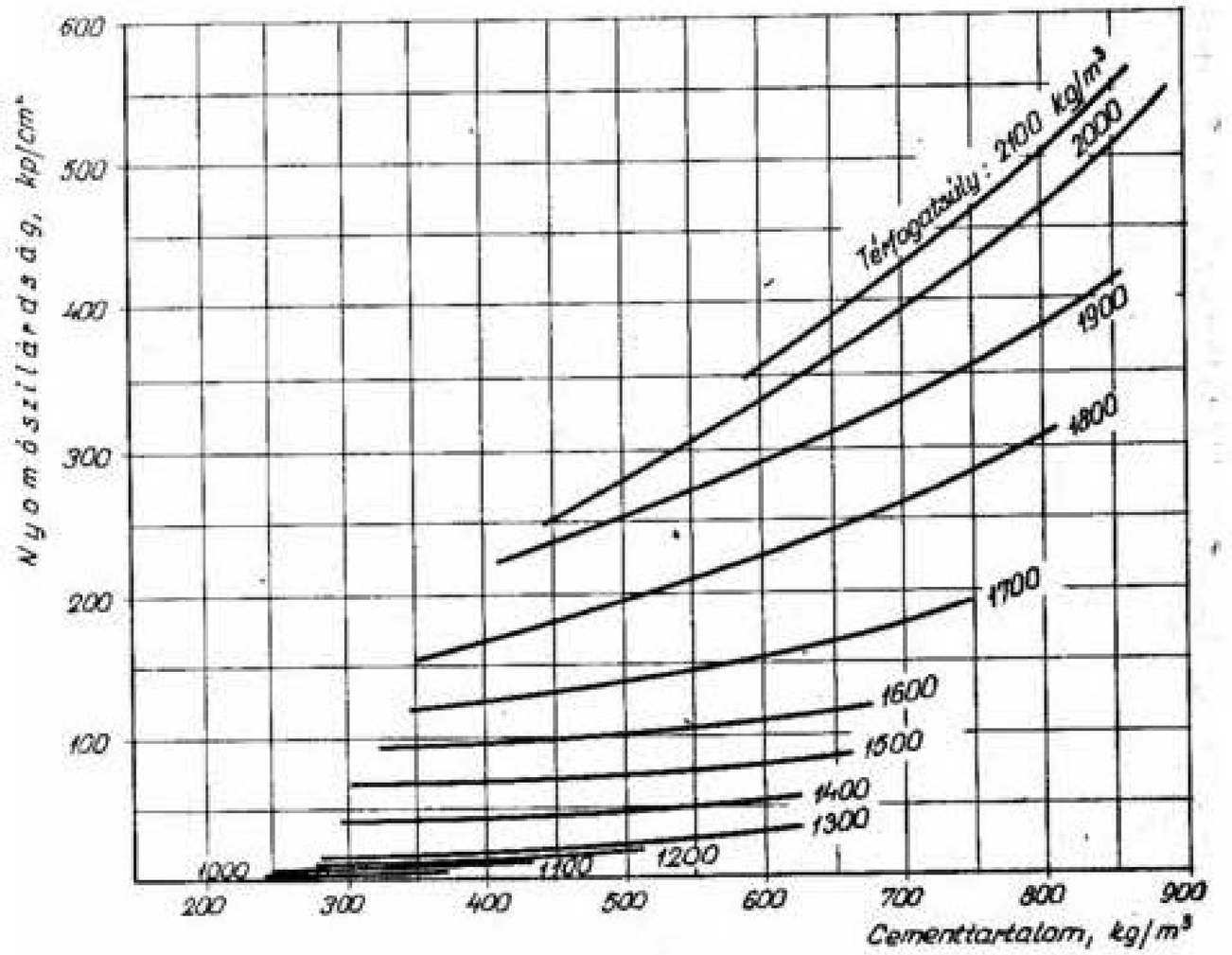
43. ábra : Kazánsalakhomokos habarcsok cementtartalmának és nyomószilárdságának összefüggése



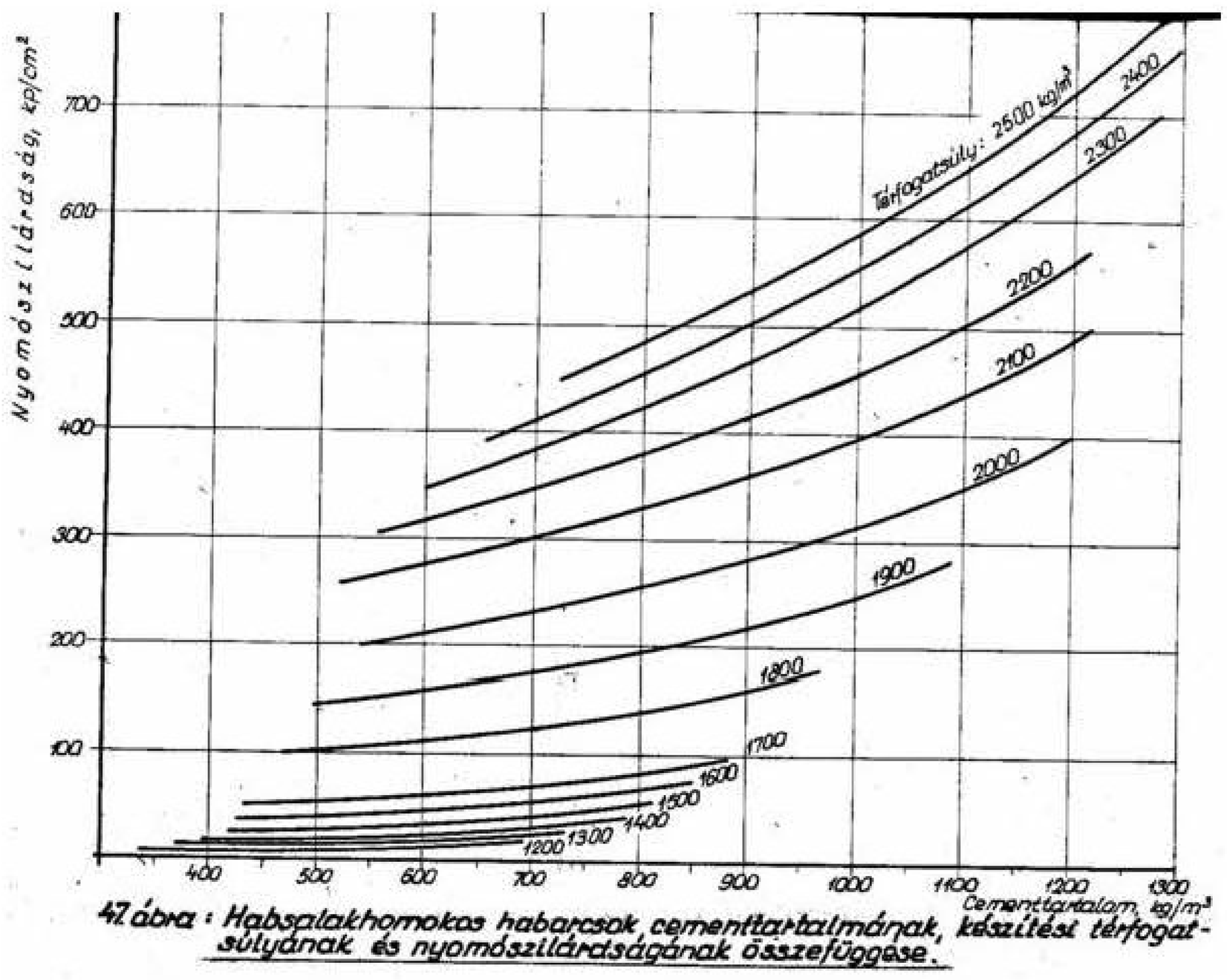
44. ábra: Dunai homokos habarcsok cementtartalmának, készítési térfogatsúlyának és nyomószilárdságának összefüggése



45. ábra: Összefüggés a dunai homokos habarcsok cementtartalma, készítési térfogatsúlya és nyomószilárdsága között az ÉKME vizsgálatai alapján

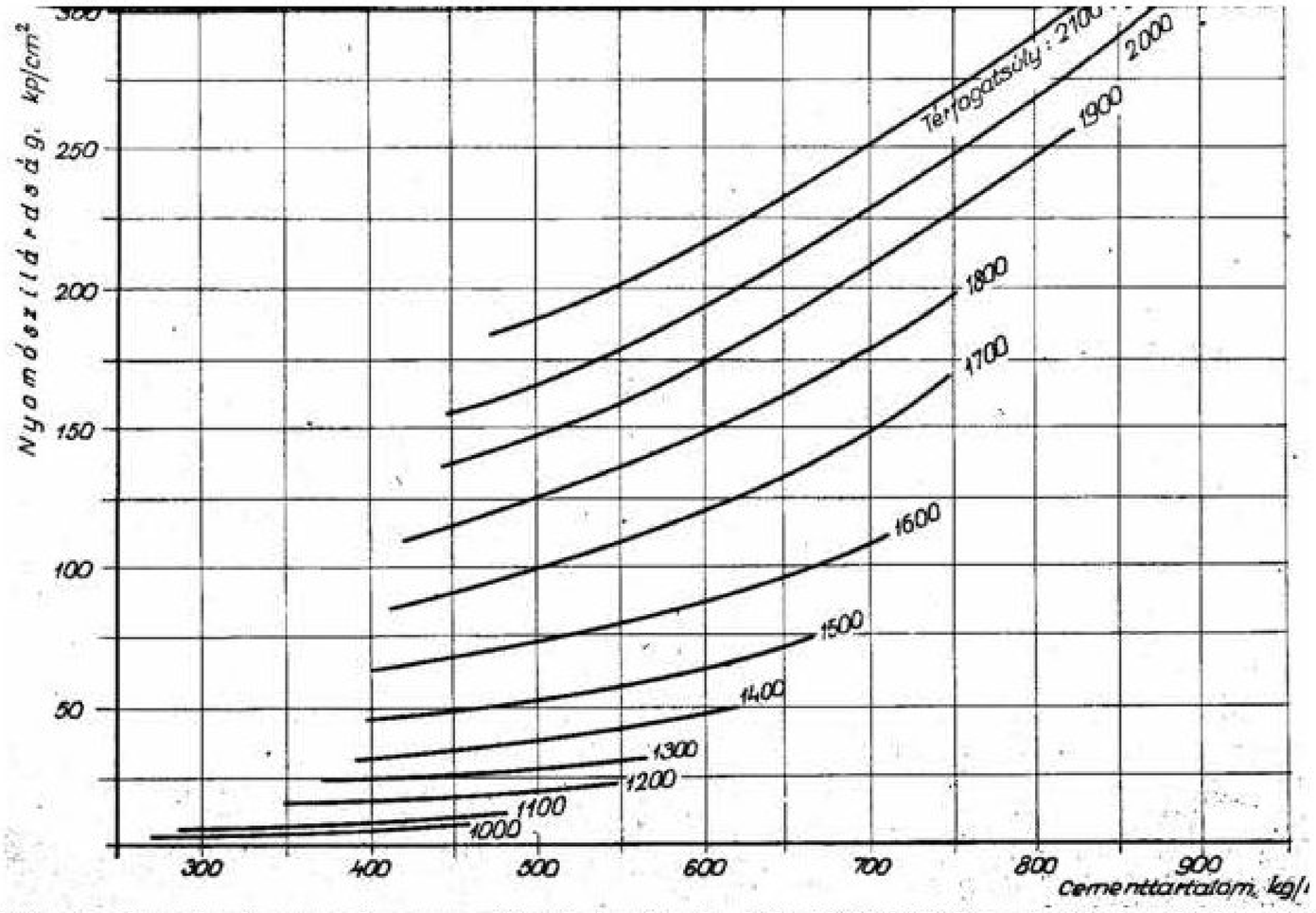


46. ábra: Keramzithomokos habarcsok cementtartalmának, nyomószilárdságának és térfogatsúlyának az összefüggése

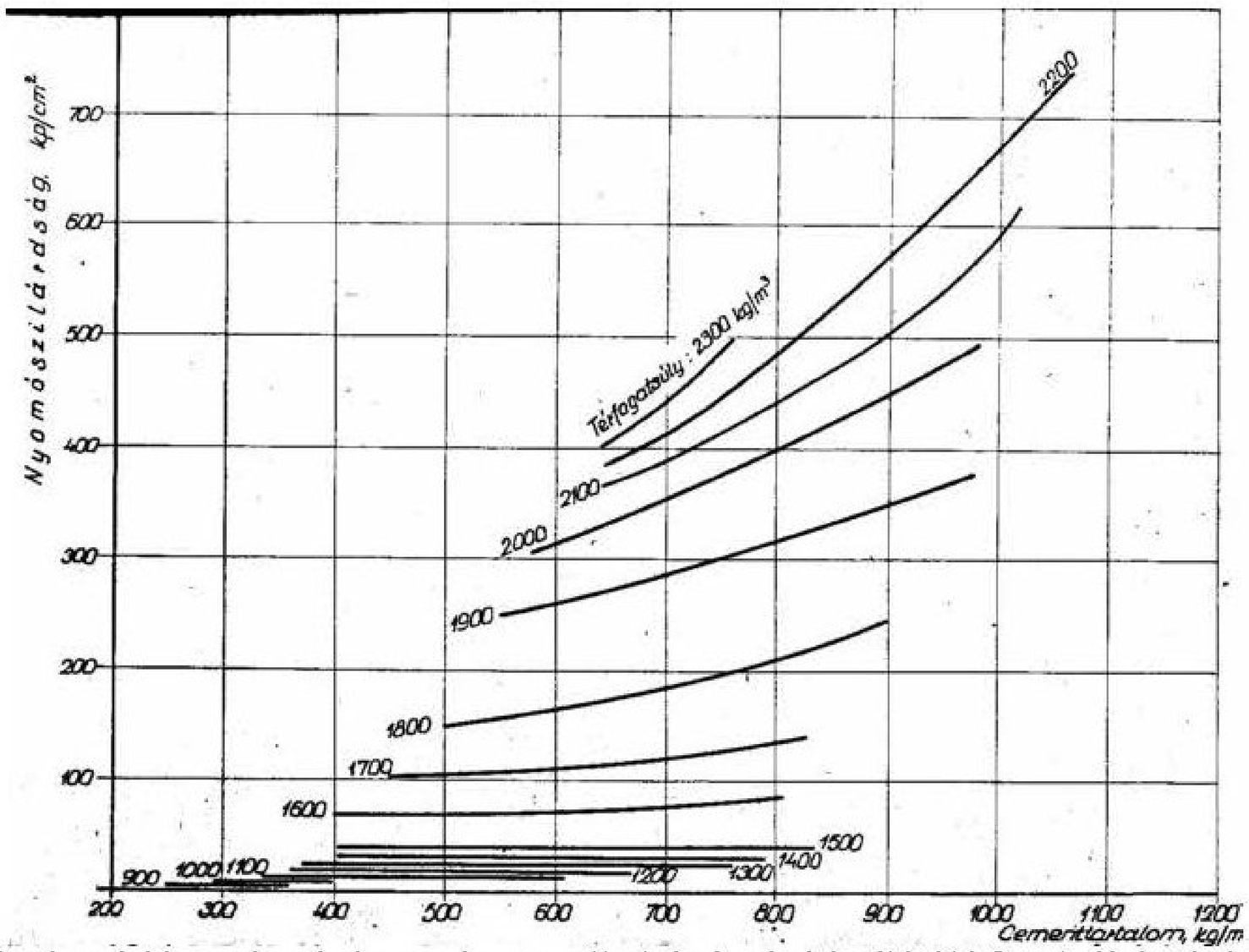


47 ábra : Habsalakhomokos habarcsok cementtartalmának, készítési térfogatsúlyának és nyomószilárdságának összefüggése.

47. ábra: Habsalakhomokos habarcsok cementtartalmának, készítési térfogatsúlyának és nyomószilárdságának az összefüggése



48. ábra: Tufahomokos habarcsok cementtartalmának, készítési térfogatsúlyának és nyomószilárdságának az összefüggése



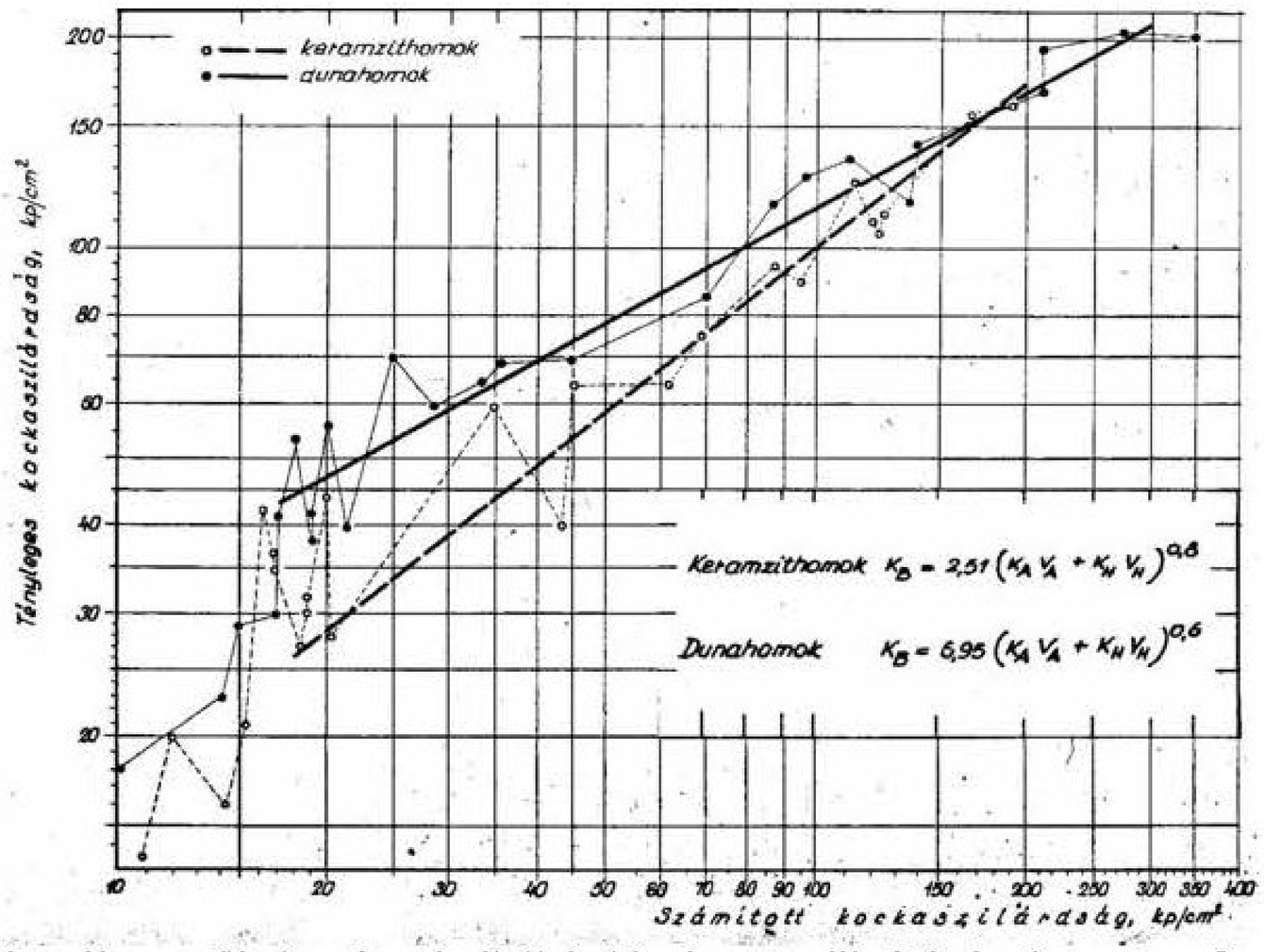
49. ábra: Kazánsalakhomokos habarcsok cementtartalmának, készítési térfogatsúlyának és nyomószilárdságának az összefüggése

A D_{max} mm szemnagyságú adalékanyag térfogatsúlya az 1. táblázat adatai alapján ismeretes, így a beton adalékanyag tartalmából kiszámítható az adalékanyag által elfoglalt térfogat. Az adalékanyag literben kifejezett térfogatát 1000 literből levonva megkapjuk azt a térfogatot, amelyet habarccsal kell kitölteni. A betonösszetétel alapján ismerjük a habarcsalkotók (cement, 0-1 mm adalékanyag és víz) súlyát, a habarcs készítési térfogatsúlyát tehát ki lehet számítani. Megjegyzendő, hogy a betont a 2. táblázat szerinti keverési arányú habarcsból készítettük, és olyan durva adalékanyaggal kevertük össze, amelyhez a 26. táblázat szerint számított mennyiségű vizet adagoltuk. Emiatt a habarcsban lévő víztartalmat a 2. táblázat alapján számítani le-

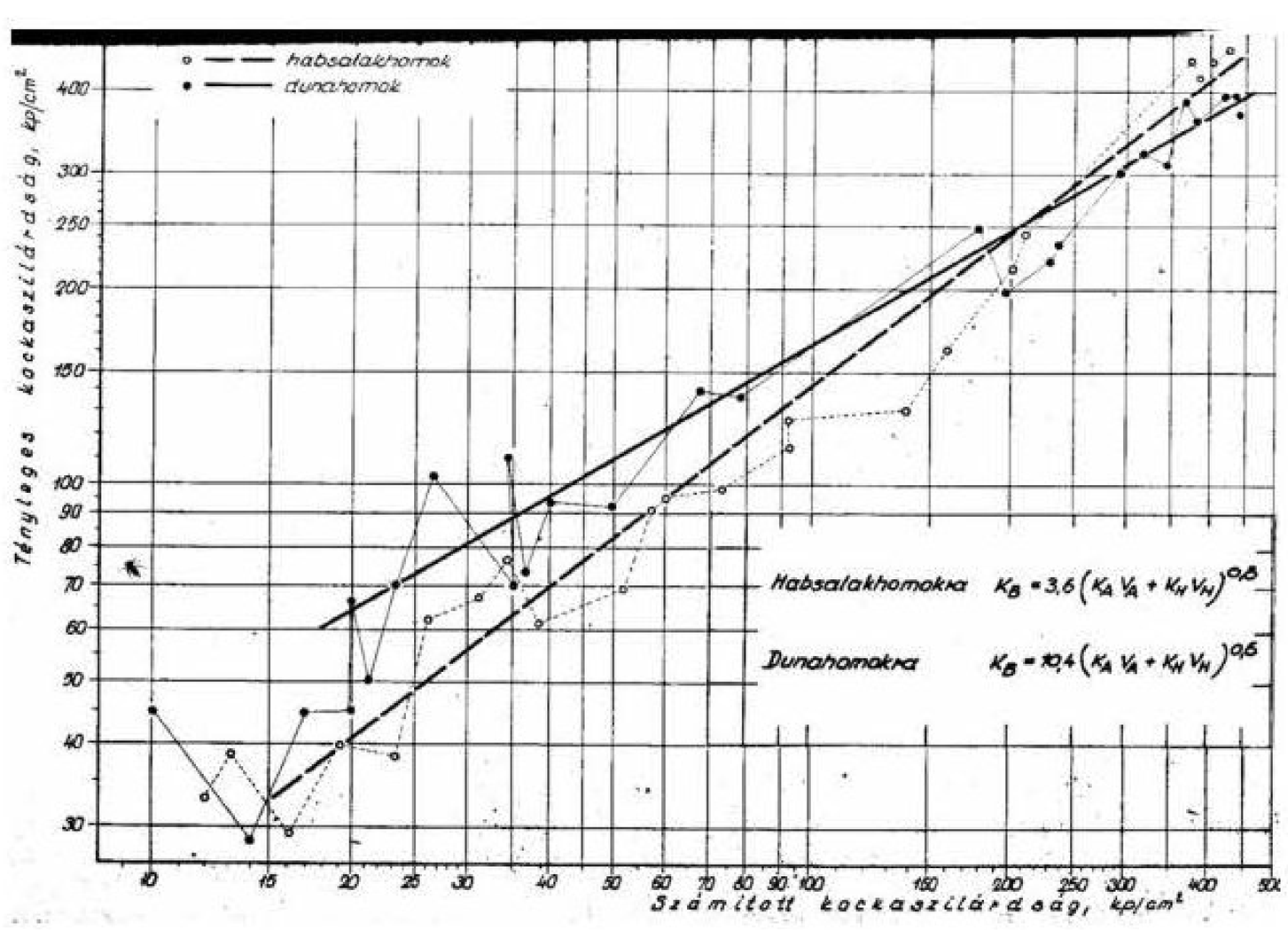
hetett. A habarcs térfogatsúlya és cementtartalma ezeknek a számításoknak az alapján került a 9.-18. táblázatokba.

A 44.-49. ábrákból a betonban lévő habarcs cementtartalma és térfogatsúlya ismeretében a habarcsszilárdság meghatározható, a 9.-18. táblázatokban ezt az adatot tüntettük fel. Az adalékanyagok sajátszilárdsága az 1. táblázatban látható.

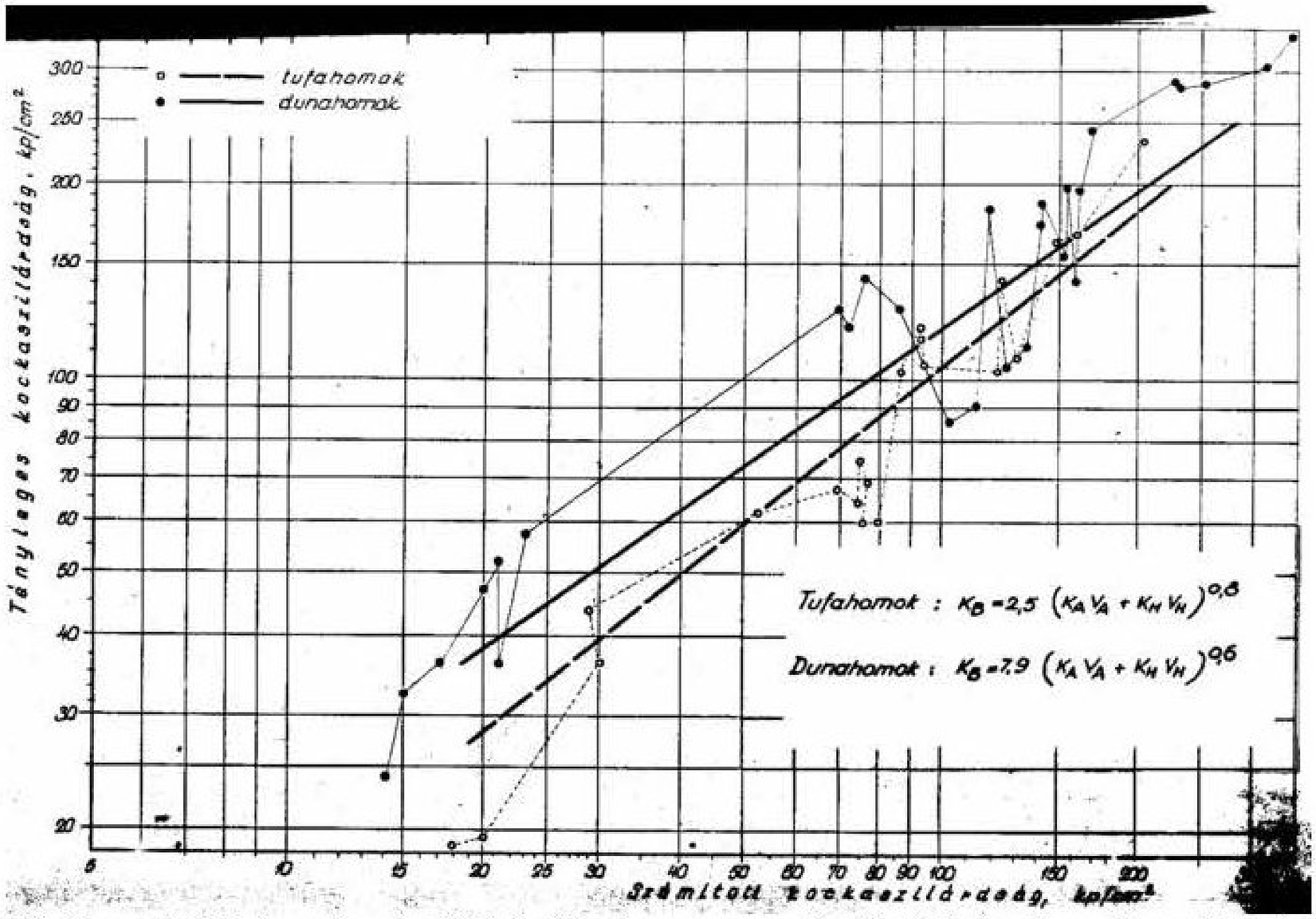
Ezek után ismeretes minden olyan adat, amelynek alapján a (XIII) képlet értékei minden betonkeverékre kiszámíthatók. A számítás eredményeit a 9.-18. táblázatok „Nyomószilárdság, kp/cm^2,számított" rovatban tüntettük fel. Ezeknek a számított szilárdságoknak és a mért tényleges szilárdsági eredményeknek a korrelációját az 50.-55. ábrákon rajzoltuk meg.



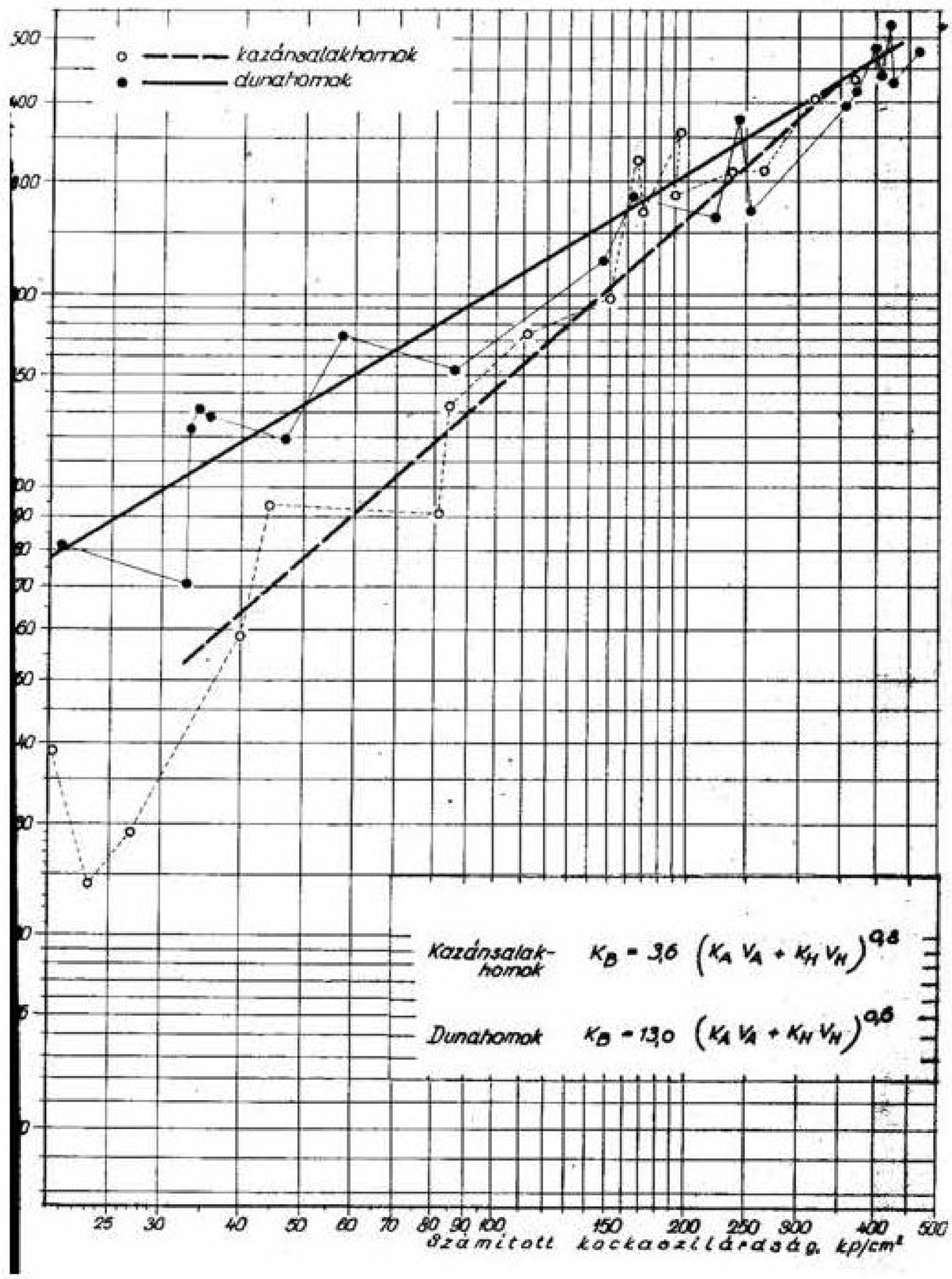
50. ábra: Keramzitbetonok számított és tényleges szilárdságának az összefüggése



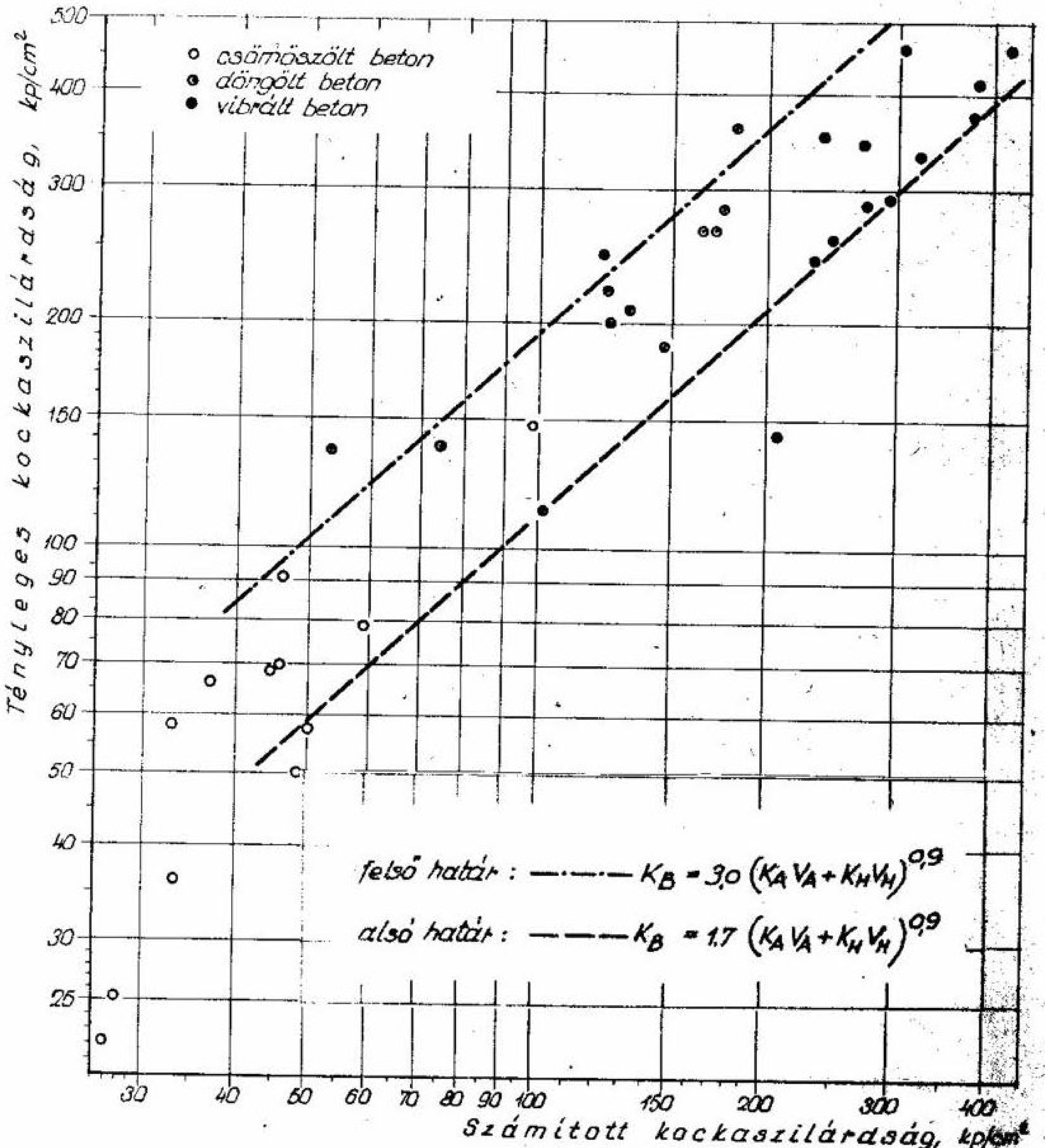
51. ábra: Habsalakbetonok számított és tényleges szilárdságának összefüggése



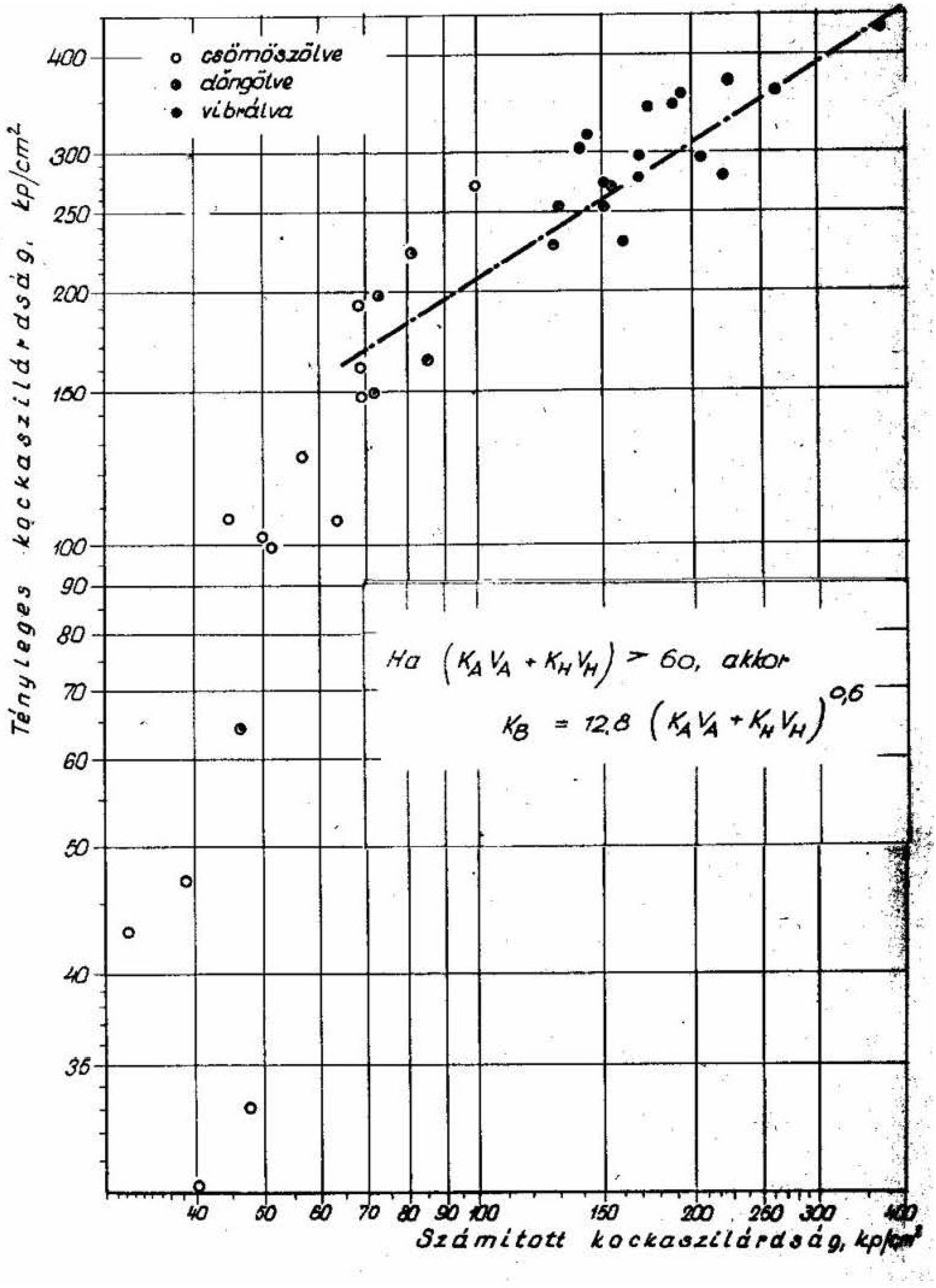
52. ábra: Tufabetonok számított és tényleges nyomószilárdságának az összefüggése



53. ábra: A kazánsalak betonok számított és tényleges kockaszilárdságának összefüggése



54. ábra: Téglazúzalékos beton számított és tényleges kockaszilárdságának az összefüggése



55. ábra: Pernyekavicsbeton számított és tényleges kockaszilárdságának az összefüggése

Az 50.-53. ábra az ÉTI-ben végzett vizsgálatok eredményeit tünteti fel, míg az 54.-55. ábrán az ÉKME Építőanyagok Tanszékének a 23.-24. táblázatban összefoglalt vizsgálati eredményei láthatók. Az ábrák szerint a számított és a tényleges szilárdságok közötti korreláció kielégítő és a kettős logaritmikus léptékben ábrázolt adatok egyszerűen számítható összefüggésekhez vezetnek. A görbék egyenleteit az ábrákon feltüntettük. Az adatok alapján megállapítható, hogy

a) a számított és a tényleges értékek kielégítő korrelációja lehetővé teszi a (XIII) alattio kifejezésnek tervezési alapként való felhasználását;
b) a (XIII) alatti kifejezés „*C*" állandóval szorzandó és „*E*"-ik hatványra emelendő. Az eredmények szerint az *E* kitevő folyami homokkal készített betonok esetén 0,6, míg könnyű homokkal készített betonok esetében 0,8. Az *E* kitevő tehát a habarcsképző homok fajtájától függ. A szorzó állandó feltételezhetően az adalékanyag felületi tulajdonságaira, a habarcsváz és az adalékanyag kapcsolatára jellemző, hiszen egymáshoz viszonyított értékei az *E*-től függetlenek, csak az adalékanyag fajtájától függően változnak;
c) a közölt képlet alkalmazása során a felhasznált 0-1mm-es adalékanyagból előállítandó habarcs szilárdságát a 44.-49. ábrák alapján állapíthatjuk meg s cementtartalom és a készítési térfogatsúly függvényében. Az adalékanyag önszilárdságát vagy az 1. táblázat segítségével határozzuk meg, vagy összenyomódás-vizsgálat útján. Ezután felvesszük a habarcs és a durva adalékanyag keverési arányát. A durva adalékanyag térfogatsúlyának, valamint az előbb meghatározott habarcstérfogatsúlynak az ismeretében a beton készítési térfogatsúlya is számítható.

A számításhoz felhasznált képletek a következők:

Az általános képlet:

$$K_B = C \times \left(\frac{K_A \times V_A + K_H \times V_H}{V_A + V_A} \right)^E \qquad \text{(XV)}$$

Mivel a habarccsal kitöltött betonban $V_A + V_H = 1$, ezért a képlet egyszerűsíthető és K_H –ra megoldva a következő kifejezés nyerhető:

$$K_H = \frac{num\lg \frac{\lg(K_B / C)}{E} - K_A \times V_A}{V_H} \qquad \text{(XVI)}$$

Ha tehát adott a beton előírt K_B kockaszilárdsága, akkor V_A és V_H összetartozó értékeit felvéve K_H a (XVI) kifejezés segítségével számítható. Ha a beton előírt térfogatsúlya T_B, a felhasznált adalékanyag térfogatsúlya T_A, akkor a felvett V_A értékre számítható az *1-*D_{max} mm-es száraz adalékanyag összes G_A súlya:

$$G_A = T_A \times V_A \qquad \text{(XVII)}$$

Az *1-*D_{max} mm szemnagyságú adalékanyag vízigénye földnedves konzisztencia esetén ½ órás bedolgozási időtartamra a 26. táblázat szerinti $\underline{a'}$, plasztikus konzisztenciára $\underline{a}$, így a durva adalékanyaghoz keverendő víz:

földnedves konzisztenciára: $A = G_A \times a'$ (XVIII)

plasztikus konzisztenciára: $A = G_A \times a$ (XIX)

A T_B betontérfogatsúly, valamint az *1-*D_{max} mm-es adalékanyag súlya (G_A) és ennek „*A*" vízigénye ismeretében a G_H habarcssúly számítható:

földnedves konzisztenciára: $G_H = T_B - G_A \times (1 + a')$ (XX)

plasztikus konzisztenciára: $G_H = T_B - G_A \times (1 + a)$ (XXI)

végül pedig a habarcs térfogatsúlya: $T_H = G_H / V_H$ (XXII)

A (16) kifejezésből nyert K_H és a (22) kifejezésből nyert T_H értékekhez tartozó habarcs-cementtartalom (S_C) a 44.-49. ábrákból leolvasható. A 0-1 mm-es homok vízigénye fél órás bedolgozási időtartamra a 26. táblázat szerinti, a cement vízigénye $0,2 \times S_C$ így a homok súlya:

földnedves konzisztenciára:
$$S_H = \frac{T_H - S_c \times (1+0,2))}{1+a'} \qquad \text{(XXIII)}$$

plasztikus konzisztenciára
$$S_H = \frac{T_H - S_C \times (1+0,2)}{1+a} \qquad \text{(XXIV)}$$

A fenti képletek alapján a beton összetétele:

- cementtartalom, kg/m^3: $S_C \times V_H$ a (XVI) és a (XXII) kifejezések, valamint a 44.-49. ábrák alapján,
- 0-1 mm-es homoktartalom, kg/m^3: $S_H \times V_H$ a (XXIII) vagy a (XXIV) kifejezésből,
- 1-D_{max} mm-es adalékanyag tartalom, kg/m^3: G_A a (XVII) kifejezésből,
- víztartalom, kg/m^3: $[A + S_H \times a' + 0,2 \times S_c]$ földnedves konzisztenciára és
  $[A + S_H \times a + 0,2 \times S_c]$ plasztikus konzisztenciára
  a (XXIII) és (XXIV) kifejezésekből, valamint a 26. vagy az 1. táblázatok alapján.

PÉLDA

Előállítandó olyan habsalakbeton, amelynek a készítési térfogatsúlya legfeljebb $T_B = 1800$ kg/m^3, nyomószilárdsága legalább $K_B = 140$ kp/cm^2. A beton készítéséhez habsalakhomok rendelkezésre áll, a betont a víz hozzáadásától számítva ½ órán belül bedolgozzák, plasztikus konzisztenciával.

Az 1. táblázat szerint a habsalak térfogatsúlya $T_A = 1540$ kg/m^3, önszilárdsága $K_A = 15$ kp/cm^2. Az 51. ábra képlete szerint habsalakhomok felhasználásával $C = 3,6$; $E = 0,8$. A számítás menete:

A (XVI) kifejezésből:

$$K_H = \frac{num\lg \frac{\lg(140/3.6)}{0,8} - 15 \times V_A}{V_H}$$

Felvéve $V_A = V_H = 0,5$ m^3 (tehát $V_A + V_H = 1$) mennyiséget:

$$K_H = 180 \text{ kp/cm}^2$$

Az 1-15 mm-es habsalak súlya a (XVII) kifejezésből: $G_A = 1540 \times 0,5 = 770$ kg, ennek vízigénye a 26. táblázat 5. sora szerint: $a = 0,11$, így í durva adalékanyaghoz keverendő víz a (XIX) kifejezésből: $A = 770 \times 0,11 = 85$ liter

A habarcs térfogatsúlya a (XXII) kifejezés alapján: $T_H = 945/,5 = 1890$ kg/m^3.

A 47. ábra szerint $K_H = 180$ kp/cm^2 szilárdságú, $T_H = 1890$ kg/m^3 térfogatsúlyú habarcs $S_c = 730$ kg/m^3 cementtel készíthető. A homok súlya tehát a (XXIV) kifejezésből és a 26. táblázat 4. sorából:

$$S_H = \frac{1890 - 730 \times (1+0,2)}{1+0,2} = 845 \text{ kg/m}^3$$

A beton összetétele tehát:

- cementtartalom:	$730 \times 0,5 =$	365 kg/m^3
- 0-1 mm-es habsalak tartalom:	$845 \times 0,5 =$	423 kg/m^3
- 1-15 mm-es habsalak tartalom:	$G_A =$	770 kg/m^3
- vízadagolás:	$85 + 422 \times 0,2 + 365 \times 0,2 =$	242 kg/m^3
összesen:		1800 kg/m^3

Mivel a cementtartalom nagy, célszerű kisebb habarcstartalommal elkészíteni a betont. Feléve $V_H = 0,3\ m^3$ és $V_A = 0,7\ m^3$ értékeket, a következő eredmények adódnak:

- a habarcs szilárdsága: $K_H = 290$ kp/cm^2
- 1-15 mm-es habsalak súlya: $G_A = 1078$ kg
- a durva adalékanyag vízigénye: $A = 119$ liter
- a habarcs súlya: $G_H = 603$ kg
- a habarcs térfogatsúlya: $T_H = 2010$ kg/m^3
- a habarcs cementtartalma: $S_C = 900$ kg/m^3
- a homok súlya: $S_H = 775$ kg/m^3

A beton összetétele tehát:

cementtartalom:	270 kg/m^3
0-1 mm-es habsalak tartalom:	232 kg/m^3
1-15 mm-es habsalak tartalom:	1078 kg/m^3
vízadagolás:	220 kg/m^3

Ez a betonösszetétel cementtartalom szempontjából elfogadható. A kiszámított adatok alapján próbakeverést kell végezni, amelynek során azt ellenőrizzük, vajon az adott tömörítő-eszközökkel az adott összetételű habsalakbeton bedolgozható-e 1800 kg/m^3 térfogatsúlyúra. Amennyiben a próbakeverés során ennél nagyobb térfogatsúly adódna, úgy a beton habarcstartalma csökkentendő, amennyiben az előírt térfogatsúlyt nem lehetett elérni, akkor viszont a habarcstartalom növelendő. E módosítások során természetesen a beton összetételét újra ki kell számítani.

4.3. Hőszigetelő könnyűbetonok összetételének tervezése

Ha ismerjük a különböző könnyűbetonok térfogatsúlyának és hővezetési tényezőjének az összefüggését, akkor a betontervezési probléma előírt térfogatsúlyú beton összetételének tervezésére vezethető vissza. Az idevágó vizsgálatok eredményei azt mutatták, hogy a hővezetési tényező egyrészt a durva adalékanyag, másrészt a habarcsképző finom adalékanyag fajtájától függ, ugyanakkor adott térfogatsúly mellett akár a cement-, akár a víztartalom változása a hővezetési tényező értékét nem változtatja meg s ugyancsak nincs befolyása az adalékanyag szemszerkezetének sem [39]. Míg például az 1400 kg/m^3 térfogatsúlyú habsalakbeton hővezetési tényezője habsalak homok alkalmazása esetén 0,33 kcal/mó°C, addig ugyanilyen térfogatsúlyú, de dunahomokkal készített habsalakbetoné 0,4 kcal/mó°C.

Az idevágó kísérleti eredmények [39] kiértékelése során néhány könnyű adalékanyagos betonra a hővezetési tényező és a térfogatsúly összefüggésére az alábbi kifejezéseket találtuk:

- habsalakbeton: $\lambda_1 = 0,00048 \times T_B - 0,25$ $\lambda_2 = 0,00048 \times T_B - 0,32$
  érvényességi határok: 1200 kg/m^3 < T_B < 1800 kg/m^3
- kazánsalakbeton: $\lambda_1 = 0,00094 \times T_B - 0,85$ $\lambda_2 = 0,00094 \times T_B - 0,91$
  érvényességi határok: 1300 kg/m^3 < T_B < 1600 kg/m^3
- keramzitbeton: $\lambda_1 = 0,00041 \times T_B - 0,04$ $\lambda_2 = 0,00041 \times T_B - 0,10$
  érvényességi határok: 700 kg/m^3 < T_B < 1500 kg/m^3

A fenti kifejezésekben λ_1 a folyami homokkal, λ_2 pedig a könnyűhomokkal készített beton hővezetési tényezője.

5. Összefoglalás

Az alábbiakban az elvégzett kutatási munka eredményeiből levonható legfontosabb következtetéseket foglaljuk össze:

5.1. A könnyűbetonokat megkövetelt tulajdonságaik alapján három csoportba lehet sorolni:

a) teherhordó könnyűbetonok ($K_B \geq 140$ kp/cm^2, $T_b \leq 1900$ kg/m^3);

b) teherhordó és hőszigetelő könnyűbetonok (K_B általában = 35 – 140 kp/cm^2 (esetleg 200 kp/cm^2) között; $\lambda \leq 0{,}6$ kcal/mó°C > vagy a beton térfogatsúlya van előírva);

c) hőszigetelő könnyűbetonok ($\lambda \leq 0{,}25$ kcal/mó°C).

A könnyűbeton összetételének tervezési módszere attól függ, hogy a könnyűbeton melyik csoportba tartozik.

5.2. A teherhordó könnyűbetonok összetételének a tervezésére alkalmazott, illetve alkalmazható módszerek összehasonlítása alapján megállapítható, hogy sem a cementtartalomra, sem a víz/cement tényezőre alapozott tervezési eljárások nem használhatók általános érvénnyel. Ezzel szemben a víz+levegő/cement tényező és a betonszilárdság között a korreláció olyan szoros, hogy a víz+levegő/cement tényező alkalmas a betonszilárdság előbecslésére, tehát elfogadható a betontervezés alapjaként. A nyomószilárdság és a víz+levegő/cement tényező reciprok értéke közötti összefüggés exponenciális, amely a következő általános formulával jellemezhető:

$$K_B = A \times x^{-B}$$

Ahol K_B = a beton kockaszilárdsága, kp/cm^2; x = a víz+levegő/cement tényező; A és B = a durva adalékanyag és a habarcsképző homok fajtájától függő állandók. Az A és B állandók értékei a vizsgálatba bevont legfontosabb hazai anyagokra a 27. táblázatban megtalálhatók.

5.3. A teherhordó és hőszigetelő betonok összetételének tervezésére javasolható módszerek összehasonlítása után meg lehet állapítani, hogy mind a megfelelő módon kiválasztott paraméterekre épített nomogramos tervezési módszerek, mind pedig a habarcsszilárdságra épített módszerek felhasználhatók. Az elvégzett vizsgálatok szerint a beton laza halmaztérfogatsúlya a bedolgozási modulus függvényében jól értékelhetően összefügg a beton nyomószilárdságával. Ez erre épített nomogramok tervezési alapként elfogadhatók. A bedolgozási modulus:

$$M = S_C \times \frac{T_B - T_l}{T_l} \times 100$$

ahol S_C = a cementtartalom, kg/m^3; T_B = a betömörített friss beton készítési térfogatsúlya, kg/m^3; T_l = a betonkeverék laza halmaztérfogatsúlya, kg/m^3.

A habarcsszilárdság és az adalékanyag önszilárdság figyelembe vételével a beton nyomószilárdsága a következő kifejezésből számítható:

$$K_B = C \times (K_A \times V_A + K_H \times V_H)^E$$

ahol K_A = az adalékanyag önszilárdsága (összenyomódással meghatározva), kp/cm^2; K_H = a habarcs önszilárdsága, kp/cm^2; V_A = a durva adalékanyag (> 1 mm) térfogata a betonban, m^3; V_H = a habarcs térfogata a betonban, m^3; C = az adalékanyag felületi tulajdonságaitól függő állandó; E = a habarcsképző homok fajtájától függő állandó. A C és az E állandók értékeit az 50.-55. ábrákon tüntettük fel.

5.4. Az előírt hőszigetelést kielégítő könnyűbetonok hővezetési tényezője és térfogatsúlya között a gyakorlati határokon belül lineáris összefüggés van, amely a következő általános formulával jellemezhető:

$$\lambda = F \times T_B - G$$

ahol λ = a beton hővezetési tényezője, kcal/mó°C; T_B = a beton térfogatsúlya kiszárított állapotban, kg/m^3; F = a durva adalékanyag fajtájától függő állandó; G = a habarcsképző homok fajtájától függő állandó.

5.5. Az elvégzett munka műszaki-gazdasági jelentősége többrétű, de nem számottevő. Bár a hazánkban alkalmazott könnyű adalékanyagú betonokra eddig is álltak rendelkezésre műszaki előírások, de ezek csak táblázatokban foglalták össze a betonok összetételét. Nem sikerült azonban korábban olyan általános elveket találni, amelyek a kavicsbetonra érvényes víz/cement tényező szabályhoz hasonlóan megadták volna a betonösszetétel tervezés, illetve a szilárdság előbecslés alapját. Ilyen általános elv a szakirodalomban sem található, így a kapott eredmények nemzetközileg is újnak ítélhetők.

A tanulmány gazdasági jelentősége egyrészt az új könnyű adalékanyagokkal a jövőben végzendő kísérletekben jelentkező vizsgálati költségek megtakarításában, másrészt a könnyű adalékanyagot felhasználó üzemek által előállított betonok minőség-egyenletességének biztosításában keresendő. Ez utóbbi gazdasági eredmény üzemenként más és más értékű lehet. Példaképpen megemlítjük, hogy a pécsi panelüzem a szendvicsszer-kezetű elemekről homogén elemek gyártására kíván áttérni s ehhez felhasználta e tanulmány adatait. A homogén panelok gyártása az üzem termelékenységét meghatározott mértékben növeli, az épületek hővédelme kedvezőbbé válik a hőhidak kiküszöbölése révén, így mindaz üzemben, mind a lakások használatában megtakarítás érhető el.

IRODALOMJEGYZÉK

/1/ Könnyűszerkezetek felhasználása az építőiparban. OMFB-Csoblém egyeztetés koncepcióterveze. Bp.1966.

/2/ Ujhelyi, J.: Könnyűbetonok IV.Ötéves tervi műszaki fejlesztési koncepciója. ÉTI Bp. 1967.Kézirat.

/3/ Ujhelyi, J.: Facteurs influants sur les propriétés du béton légar et la méthode de l'étude de la composition des bétons aux agrégats légers. RILEM Szimpózium. Generálreferátum Bp. 1967.

/4/ Ujhelyi, J.: Az szuborsaktállyai tufa felhasználása könnyűbeton adalék anyagként. ÉTI Jelentés 1956. Kézirat.

/5/ Ujhelyi, J.: Perzyekaviesbetonok. ÉTI Jelentés. 1958. Kézirat.

/6/ Ujhelyi, J.: Hasterségesz adalékanyagok felhasználásával készülő könny betonok technológiájának kidolgozása. ÉTI Jelentés. 1958. Kézirat.

/7/ Ujhelyi, J.: Agyagkavics felhasználása könnyűbeton készítéséhez. ÉTI Jelentés. 1960. Kézirat.

/8/ Ujhelyi, J.: A perlitbetonkészítés technológiájának kutatása. ÉTI Jelentés 1961. Kézirat.

/9/ Ujhelyi, J.: Könnyűadalékos betonok összetételének tervezési módszere ÉTI Jelentés 1967. Kézirat.

/10/Buzsevics, G.A.: Practice of designing lightweight aggregate concretes of specified properties. RILEM Szimp. Bp. 1967.

/11/Kruml, F.: The strenght of lightweight concretes with compact and porr structure. RILEM Szimp. Bp. 1967.

/12/Mikos, J.-Kubica, J.: Anwendung der vielfachen Korrelation bei der Bestimmung des Einflusses der verschiedenen Faktoren auf die Druckfestig keit von Flugaschehüttenbimsbeton. RILEM.Szimp. Bp.1967.

/13/dr Murata, J.: Design method of mix proportion of lightweight aggregat concrete. RILEM Szimp.Bp.1967.

/14/Nishibayashi, S.: Experimental studies on the design of artificial lightweight aggregate concrete mix. RILEM Szimp.Bp.1967.

/15/Petkov, V.: Influence of certain basic factors on the strength properties of lightweight concretes. RILEM Szimp.Bp.1967.

/16/Shirayama, K.: Some considerations for testing and mix-designing of lightweight aggregate concrete. RILEM Szimp.1967. Bp.

/17/dr Stork, J.: A method of design of lightweight cermsite aggregate concretes with regard to their mechanical properties and thermal insulation conditions. RILEM Szimp.Bp.1967.

/18/ Tevan, Zs.: Design of lightweight aggregate concrete composition. RILEM Szimp.Bp.1967.

/19/ dr Palotás, L.: Építőanyag II.kötet Akadémia Kiadó Bp.1961.

/20/ Bacho, H.N.: Strength of structural lightweight aggregate concrete. RILEM Szimp.Bp.1967.

/21/ Frank, V.: Influence of variable quality of keramzite on the strength of keramzite concrete and the method of keramzite concrete mix design with regard to variable properties of components. RILEM Szimp.Bp.1967.

/22/ Ibtiyaroglu, E.: A study on factors affecting lightweight aggregate concrete properties. RILEM Szimp.Bp.1967.

/23/ Kazinir, J.: Les bétons de platre aux agrigats légers.RILEM Szimp. Bp.1967.

/24/ Rigan, J.: Lightweight concrete with natural basalt lava aggregates. RILEM Szimp.Bp.1967.

/25/ Zielinsky, J.L.-Dabrowski, K.-Piatek, Z.: Experimental verification of design method of structural keramzite concrete. RILEM Szimp.Bp. 1967.

/26/ Popov, N.A.-Eliazon, M.R.-Gnpivák, B.Ja.-Stein, Ja.S.-Jevdokimov, A.A.: Nyekoterüe oszbennoszti podbora szoszstava i prigotovlenyija legkogo betona na iszkusztvennüh poristüh szapolnyitelyah. Gosztrojizdat. Moszkva. 1959.

/27/ Rothfuchs, G.: Betonfibel. VEB Verlag Berlin. 1958.

/28/ Weirich, K.: Über die Druckfestigkeit von Leichtbetonen mit dichtem Gefüge. Beton-Herstellung-Verwendung. 1960. aug.

/29/ Řehánek, J.: The influence of the w/c ratio, of the amount, of cement and aggregate on the thermal conductivity of lightweight concretes and the preliminary mix design with the require thermal conductivity. RILEM Szimp.Bp.1967.

/30/ Ujhelyi, J.: Kohóhabszalakbetonok. Építőanyag 1959. 12.

/31/ Ujhelyi, J.: A könnyűadalékos betonok fajtái, összetételük tervezése és a beton készitése. Műszaki Továbbképző Intézet Bp. 1960.

/32/ Ujhelyi, J.: A könnyűbeton összetételének tervezése.Magyar Építőipar 1963.3.

/33/ Ujhelyi, J.: Perlitbeton-perlithabaros. Műszaki Kiadó Bp.1963.

/34/ Ujhelyi, J.: Betontechnológia II. kötet. Tankönyvkiadó Bp.1964.

/35/ Ujhelyi, J.: Constructional uses of lightweight aggregate concretes. Towards Industrialised Building. 1966. Elsevier P.C. Amsterdam-London-New York.

/36/ Tevan, Zs.: Könnyűadalékos betonok tervezése. ÉMK Építőanyagok tanszék. Kutatási Jelentés 1966. Kézirat.

/37/ dr Palotás, L.: Vergleich der verschiedenen Formels zur Formbestimmung der Würfelfestigkeit von Beton. 1935. Zement.H.36-37.

/38/ ÉMK 37-60; ÉMK 37-64 Műszaki előirás a kohóhabsalakbetonok készitésére és a beton összetételének tervezésére.

/39/ Ujhelyi, J.-né: Könnyűbeton vizsgálati eredmények összefoglalója. ÉMI Jelentés 1965. Kézirat.